

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Кибернетики _____
Направление подготовки _____ Машиностроение _____
Кафедра _____ ТМСПР _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Исследование неуравновешенности якоря коллекторного электродвигателя	
УДК <u>621.313.36.043-755</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Клещев Даниил Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Доктор технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСПР	Вильнин А.Д.			

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
Общекультурные компетенции	
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ИК
 Направление подготовки (специальность) Машиностроение
 Кафедра ТМСПР

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Вильнин А.Д.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Клещев Д.С.

Тема работы:

Исследование неуравновешенности якоря коллекторного электродвигателя

Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.05.2017 №3144/с
---	--------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Якорь коллекторного электродвигателя ДК110-1000-15И1. Периодический режим работы. Уровень дисбаланса не более 6,3 гмм/кг. Уровень виброскорости не более 3,2 мм/с.
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор по литературным источникам.</p> <p>Задача исследования: произвести исследование неуравновешенности якоря и виброактивности коллекторного электродвигателя.</p> <p>Балансировка якоря двигателя на специальном оборудовании фирмы «Диамех»</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>25 слайдов в PowerPoint</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Исследовательский</p>	<p>Коротков В.С.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Спицын В.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Федорчук Ю.М.</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Шепетовский Д.В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Приложение А</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.10.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Клещев Д.С.		

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1 Обзор литературы.....	8
1.2 Теоретическая часть	9
1.2.1 Виды дисбаланса	9
1.2.2 Методы балансировки.....	10
1.2.3. Обзор балансировочного оборудования	16
1.2.4. Обзор диагностического оборудования	24
1.3 Практическая часть.....	36
1.3.1 Методика проведения балансировки.....	36
1.3.2 Определение параметров исходной вибрации.....	36
1.3.3 Измерение виброскорости	37
1.4 Выводы и результаты:	53
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	54
2.1 Конструкция коллекторного электродвигателя.....	54
2.2 Проектирование технологии сборки электродвигателя.....	55
2.3. Разработка маршрутного технологического процесса сборки и его нормирование	55
3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	62
3.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	62
3.1.1 Метеоусловия	62
3.1.2 Производственный шум.....	63
3.1.3 Освещенность	64
3.1.4 Электромагнитные поля	67
3.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	68
3.2.1 Факторы электрической природы.....	68
3.2.2 Факторы пожарной и взрывной природы	70
3.3 Охрана окружающей среды	71
3.4 Защита в ЧС.....	73
3.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	74
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ...76	
4.1 Предпроектный анализ.....	77
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	77
4.3 SWOT-анализ проекта.....	80
4.4 Инициация проекта.....	82
4.4.1 Цели и результат проекта	83

4.4.2 Организационная структура проекта.....	84
4.4.3 Ограничения и допущения	84
4.5 План проекта	85
4.6 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	72
4.6.1 Расчет затрат на материалы.....	72
4.6.2 Расчет заработной платы	73
4.6.3 Расчет затрат на социальные нужды	74
4.6.4 Расчет прочих расходов	74
4.6.5 Расчет общей себестоимости разработки.....	75
4.7 Оценка сравнительной эффективности исследования	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	79
ПРИЛОЖЕНИЯ	80

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 с., 54 рис., 31 табл., 18 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: балансировка, коллекторный электродвигатель, якорь, вибрация, дисбаланс, виброактивность, виброскорость, виброперемещение, ручная машина электробур.

В работе представлено исследование виброактивности коллекторного электродвигателя. Освещены теоретические основы балансировки роторов, методика их балансировки, а также причины возникновения вибрации. В рамках исследования проведена работа по балансировке якоря коллекторного электродвигателя ДК110-1000-15И1 с использованием балансировочного и диагностического оборудования фирмы ДИАМЕХ. Представлены выводы по проделанной работе.

Объектом исследования являются причины возникновения вибрации, возникающей в электродвигателях и способы уменьшения ее уровня.

Предметом исследования является влияние дисбаланса якоря на общий уровень вибрации коллекторного электродвигателя.

Работа является составной частью исследования виброактивности привода ручной машины электробур.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 10159-79 Машины электрические вращающиеся коллекторные. Методы испытания.
3. ГОСТ 19.502 – 78 Единая система программной документации. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.
4. ГОСТ 24346-80 ВИБРАЦИЯ. Термины и определения.
5. ГОСТ 24347-80 ВИБРАЦИЯ. Обозначения и единицы величин.
6. ГОСТ ИСО 1940-1-2007 ВИБРАЦИЯ. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса.
7. ГОСТ ИСО 1940-2-99 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 2. Учет погрешностей оценки остаточного дисбаланса.
8. ГОСТ ИСО 7919-1-2002 ВИБРАЦИЯ. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы:

Большинство ручных машин созданы на основе коллекторных двигателей.

К ручным машинам предъявляют повышенные требования к массогабаритным характеристикам и так как коллекторные двигатели имеют малую массу, то большинство ручных машин созданы на базе таких двигателей

Повышенный уровень вибрации в двигателе может привести к преждевременному износу подшипникового узла, а также снизить безопасность использования ручной машины. Поэтому целью ВКР является исследование виброактивности коллекторного электродвигателя ДК110-1000-15И1.

Работа является составной частью исследования виброактивности ручной машины электробур.

Для обеспечения высоких технико-эксплуатационных характеристик ручной машины необходимо произвести балансировку быстровращающихся элементов конструкции по частям, а затем в сборе.

Для того, чтобы достигнуть поставленной цели необходимо решить приведенные ниже **задачи**:

1. Изучить теоретические основы балансировки роторов.
2. Проанализировать номенклатуру балансировочного и диагностического оборудования.
3. Провести балансировку якоря на специальном оборудовании.
4. Произвести исследование виброактивности двигателя с отбалансированным якорем.
5. Выявить факторы, влияющие на уровень вибрации в двигателе.

Практическая ценность работы заключается в повышении надежности и долговечности работы коллекторного двигателя, а также в улучшении его эксплуатационных свойств и повышении срока службы.

Научная новизна заключается в выявлении факторов, влияющих на уровень вибрации коллекторного электродвигателя и получении экспериментальных данных, которые могут быть использованы для улучшения эксплуатационных свойств привода для ручной машины электробур.

1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Обзор литературы

Основоположниками теории колебаний в инженерном деле были: Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У.

В «Справочник по балансировке / М.Е. Левит, Ю.А. Агафонов, Л.Д. Вайнгортин и др.» изложены основные вопросы балансировочной техники, необходимые для практической балансировки деталей и узлов.

Исследовательские работы в области создания коллекторных двигателей проводили Шефнер К.И., Ермолин Н.П. и другие

В книге Гольдина А.С. Вибрация роторных машин изложены вопросы контроля вибрации, вибродиагностики, виброналадки и профилактики повышенной вибрации роторных машин, а также балансировки роторов и валоприводов. Представлены основные сведения по теории колебаний и виброметрии. Рассмотрены причины и источники вибрации.

1.2 Теоретическая часть

1.2.1 Виды дисбаланса

Балансировка – это процесс определения значений углов и дисбалансов ротора и уменьшения их корректировкой масс.

Неуравновешенность – состояние ротора, характеризующееся таким распределением масс, которое во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и его изгиб. Неуравновешенность бывает статическая, моментная, динамическая.

Статическая неуравновешенность – неуравновешенность ротора, при которой ось ротора и его главная центральная ось инерции параллельны. Статическая неуравновешенность полностью определяется главным вектором дисбалансов, или эксцентриситетом центра масс ротора, или относительным смещением главной центральной оси инерции и его ротора, равным значению эксцентриситетом центра его массы.

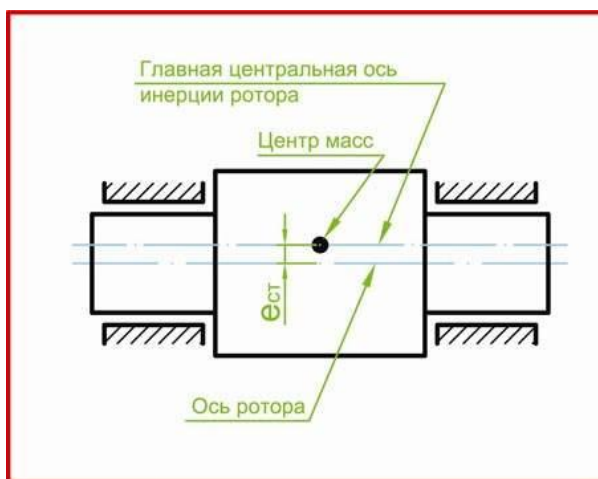


Рис. 1 Статическая неуравновешенность

Моментная неуравновешенность – дисбаланс ротора, при котором ось ротора и его основная центральная ось инерции перекрещиваются в середине масс ротора. Неуравновешенность моментная целиком определяется: основным моментом дисбалансов ротора или двумя одинаковыми по значению непараллельными векторами дисбалансов, находящимися в двух произвольных плоскостях, перпендикулярных оси ротора.

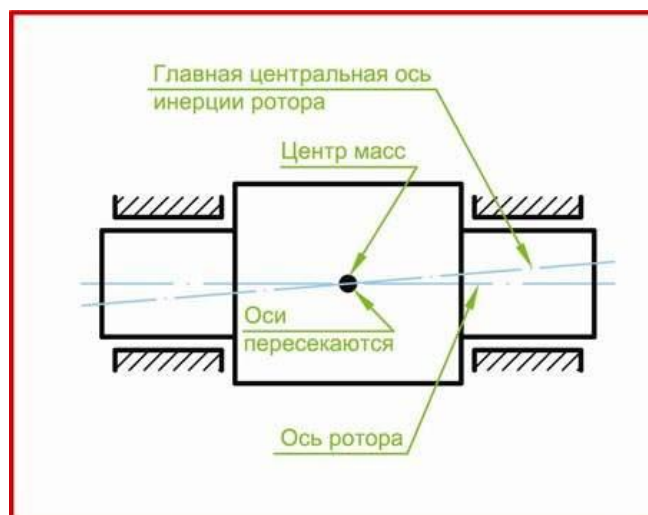


Рис. 2 Моментная неуравновешенность

Динамическая неуравновешенность – дисбаланс ротора, при котором ось ротора и его основная центральная ось инерции перекрещиваются не в середине масс или перекрещиваются. Динамическая неуравновешенность включает моментную и статическую неуравновешенность. Динамическая неуравновешенность целиком определяется: главным моментом и главным вектором небалансов ротора или парой векторов дисбалансов, в общем случае различных по значению и антипараллельных, находящихся в 2-ух случайных плоскостях, перпендикулярных оси ротора (крест дисбалансов).

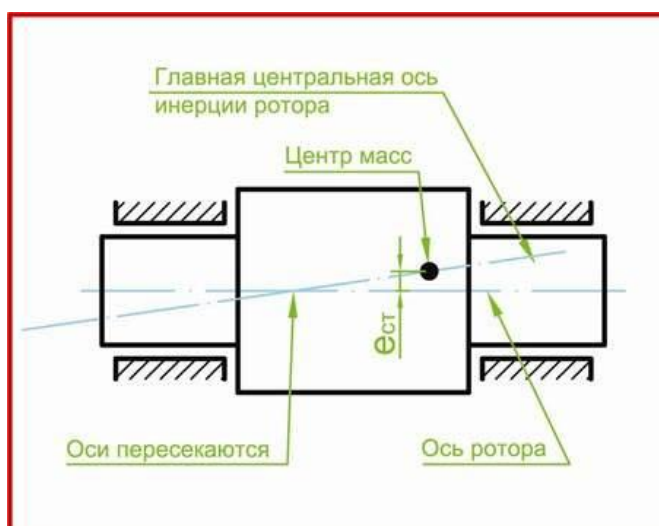


Рис. 3 Динамическая неуравновешенность

1.2.2 Методы балансировки

Существует много методов расчета дисбаланса и балансировки роторов, и все они позволяют оценивать дисбаланс в одной или двух плоскостях коррекции.

Методы статической балансировки состоят в определении величины корректирующей массы. Место расположения корректирующей массы определяется во всех случаях одинаково.

Метод подбора корректирующей массы является самым простым и заключается в установке ее на месте, диаметрально противоположном положению центра масс ротора. При этом обеспечивается равновесное состояние ротора в любом его положении.

Значение корректирующей массы m_k вычисляется расчетным путем. Для этого фиксируются два противоположных положения ротора (рис. 4): без пробной массы m_n (рис. 4, а) и с m_n , установленной под 90° углом к "легчайшему месту" (ЛМ) ротора (рис. 4, б).

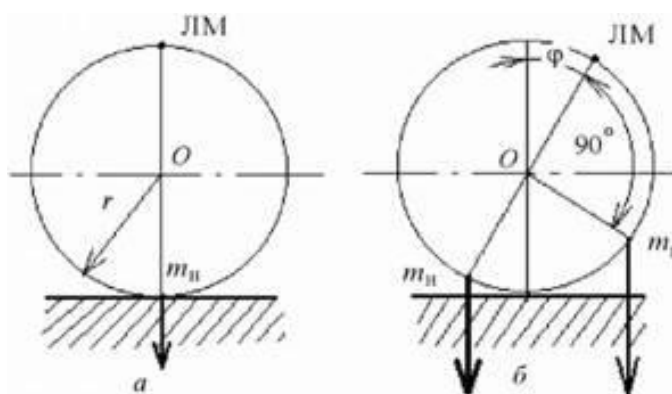


Рис. 4 Схема определения корректирующей массы методом подбора

Значение m_k определяется из выражения (1):

$$m_k r \sin \varphi = m_n r \cos \varphi, \quad (1)$$

откуда $m_k = m_n = m_n \operatorname{ctg} \varphi$

где m_n - величина неуравновешенной массы; φ - угол поворота ротора при установке пробной массы.

Величина m_n в зависимости от размеров ротора может достигать значительных величин. Для данного метода существуют готовые номограммы, позволяющие значительно сократить время балансировки.

Метод расчета корректирующей массы **по колебаниям** заключается в измерении периодов колебаний T_1 и T_2 ротора, отклоненного на угол φ от положения равновесия без пробной массы и с пробной массой, которая устанавливается в "тяжелом месте". Величину корректирующей массы рассчитывают по формуле (2):

$$m_k = m_n \frac{T_2^2}{T_1^2 - T_2^2} \quad (2)$$

Периоды колебаний T_1 и T_2 оценивают по времени 10 двойных качаний неуравновешенного ротора. Для сокращения времени балансировки используют номограммы.

При статической балансировке серии одинаковых роторов для первого ротора определяют коэффициент $K = \tau T$, а значения корректирующей массы для других роторов рассчитывают после измерения только T по формуле (3):

$$m_{ki} = \frac{K}{T_{1i}^2} \quad (3)$$

Дифференциальный метод применим при балансировке тяжеловесных роторов, которые из-за большого сопротивления невозможно установить в положение равновесия. Это означает, что величина момента эквивалентных сил сопротивления F_t больше момента, создаваемого неуравновешенной массой m_t , т.е. $F_m > G_n \cos \alpha$ (рис. 5), где α - угол неуравновешенности относительно горизонтальной плоскости для такого положения ротора.

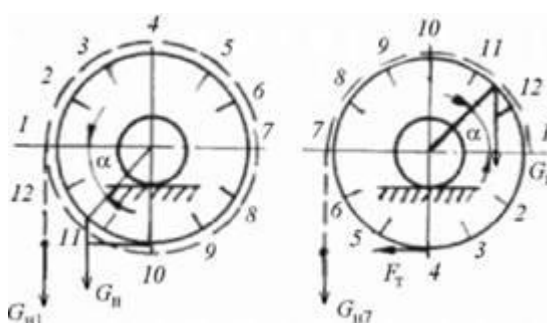


Рис. 5 Схема дифференциального метода балансировки

Балансировка выполняется следующим образом. Внешнюю поверхность ротора разделяют на несколько одинаковых частей, например 10, и обматывают гибкой лентой, один конец которой прикреплен, а другой свободно висит; к нему крепят пробные массы m_{n1} . Ротор устанавливают так, чтобы линия 1 - 7 занимала всегда горизонтальное положение. На свободный конец ленты помещают такую пробную массу m_{n1} , чтобы ротор начал вращение. Для данных условий справедливы равенства:

$$m_{n1}g = F_m - G \cos \alpha \text{ — для точки 1;}$$

$$m_{n7}g = F_m + G \cos \alpha \text{ — для точки 7.}$$

т.е. исключается влияние F_m , что является преимуществом дифф. метода. Данные манипуляции повторяют для всех точек и данные измерений фиксируют на

круговую диаграмму. Для этого окружность K_1 произвольного диаметра делят на 12 одинаковых частей и из каждой точки на соответственных радиусах в масштабе отмечают отрезки a :

$$a_{i+6} = \frac{1}{2}(m_{a(i+6)} - m_{ai}) \quad (4)$$

Положительные значения a откладывают снаружи, а отрицательные - внутри окружности K_1 . Соединяя отложенные точки, получим кривую. Из центра окружности K_1 проводят окружность K_3 , касающуюся кривой. Диаметральный отрезок между окружностью K_1 и точкой касания и будет величиной дисбаланса, а плоскость, проведенная через этот отрезок, является плоскостью дисбаланса.

Метод кругового обхода похож на дифференциальный, только m_{Π} крепят на внешней части ротора. По полученным данным строят кривую зависимости величины пробной массы от точек ее приложения (рис. 6). Максимум кривой соответствует "легкому месту", в которое следует устанавливать корректирующую массу.

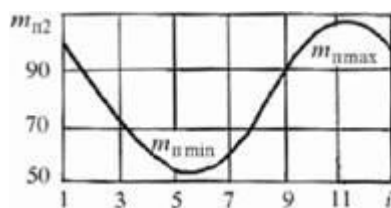


Рис. 6 Кривая зависимости величины пробной массы от точек приложения

Способы динамической балансировки базируются на гипотезе о линейности системы, т. е. амплитуды раскачиваний являются соразмерными значению дисбаланса, а фазы - независимыми от его величины. Есть одноплоскостная и двухплоскостная балансировки. В первоначальном случае вычисление корректирующей массы выполняется поочередно для каждой плоскости корректировки, а во 2-ом - в одно время. В зависимости от параметров, измеряемых при балансировке, различают методы амплитуд, фаз и одновременного измерения амплитуд и фаз вибраций. Эти методы применяются при одно- и двухплоскостной балансировке с использованием балансировочных станков и без установки ротора на станок.

К методам одноплоскостной балансировки относятся методы амплитуд и кругового обхода. Метод амплитуд требует замера амплитуд A_0 первоначальной вибрации при запуске ротора без m_{Π} и амплитуд A_{0i} при запусках с пробными грузами, устанавливаемыми в конкретных местах на роторе. Способ кругового обхода основан на измерении амплитуд колебаний опор A_0 и A_{0i} при запусках

ротора с пробным грузом m_n , переставляемым поочередно на равные углы (аналогично методу кругового обхода при статической балансировке). По значениям измерений рисуют зависимость A_{0i} от положения пробного груза (аналогично рис. 6). Корректируемая масса устанавливается в плоскости (точке расположения) A_{min} , а ее величина определяется по формулам:

$$m_k = \frac{A_{max} + A_{min}}{A_{max} - A_{min}} m_n \text{ при } A_0 = \frac{A_{max} + A_{min}}{2} \quad (5)$$

Для балансировки с двух сторон необходимо 13...17 пусков. В случае изменения значения компенсирующей массы в 1-й плоскости из-за влияния 2-й количество пробных запусков возрастает.

Метод четырех пробных пусков основан на измерении величин A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 при 4-х пусках с равной пробной массой m_n , поочередно переставляемой по одинаковому радиусу на 90° . Относительные величины вибраций

$$a = \frac{A_1}{A_0}; b = \frac{A_2}{A_0}; c = \frac{A_3}{A_0}; d = \frac{A_4}{A_0}. \quad (6)$$

располагают в убывающем порядке: $a < b < c < d$. Размер корректирующей массы и установочный угол определяют из выражений (7):

$$m_k = k m_n, \quad \beta = \arcsin \frac{c^2 - k^2 - 1}{2k} \quad (7)$$

$$k = \sqrt{(a^2 + b^2 - 2)/2} = \sqrt{(b^2 + c^2 - 2)/2}$$

Другой вариант метода четырех пробных пусков состоит в измерении амплитуд A_0, A_1, A_2 , полученных при пуске с пробной массой, последовательно переставляемой на угол 120° . Амплитуда вибрации A_g измеряется при четвертом пуске с пробной массой $m_g < m_n$, установленной в плоскости дисбаланса (определяется по амплитудам трех предыдущих пусков) на стороне "легкого места" ротора. Плоскость дисбаланса по A_0, A_1, A_2 определяют следующим образом. По измеренным величинам A_0, A_1, A_2 в полярных координатах с началом в точке O строят треугольник ABC (рис. 7), для которого находят центр O_1 описанной окружности. Отрезок OO_1 лежит в плоскости дисбаланса, причем "легкое место" расположено со стороны точки O . Корректирующая масса определяется из выражения:

$$m_k = m_k \frac{A_0}{A_0 - A_k} \quad (8)$$

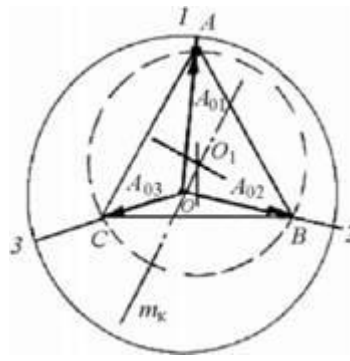


Рис. 7 Схема балансировки по методу четырех пусков

Метод трех пробных пусков основан на измерении амплитуд A_0 , A_2 , A_3 при пусках с пробной массой m_n , переставляемой на угол 120° . Величина корректирующей массы m_k и угол β между плоскостью небаланса и 1-м положением пробного груза соответственно будут:

$$m_k = m_n \frac{A_0}{A_1}, \quad \beta = \arctg(1,732 \frac{A_3^2 - A_2^2}{2A_1^2 - A_2^2 - A_3^2}) \quad (9)$$

где амплитуду колебаний A_1 только от пробной массы определяют из уравнения:

$$A_1^2 + 2A_0A_1\cos\beta + A_0^2 - A_1^2 = 0 \quad (10)$$

A_0 , A_2 , A_3 при пусках с пробной массой m_n , переставляемой на угол 120° . Величина корректирующей массы m_k и угол β между плоскостью.

Метод двух пробных пусков основывается на измерении амплитуд A_0 , A_2 при двух положениях пробной массы m_n , устанавливаемой под углом 180° . Затем строят в масштабе треугольник ABC со сторонами: $AC = 2A_0$, $AB = A_1$, $BC = A_2$ (рис. 8). Длина медианы BO соответствует амплитуде колебаний, вызванной пробной массой. Величина корректирующей массы определяется по формуле:

$$m_k = m_n \frac{AO}{BO} \quad (11)$$

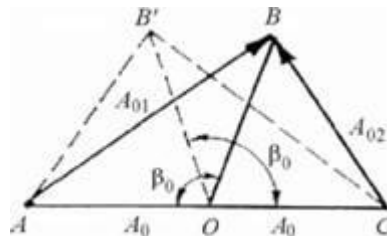


Рис. 8 Схема определения дисбаланса по методу двух пусков

Однако угловое положение m_k не определено, потому что по 3-м сторонам можно начертить два треугольника ABC и AB_1C и два значения угла дисбаланса.

са. Указанная неопределенность снимается контрольным пуском с корректирующей массой, установленной по одному из углов дисбаланса.

Методы фаз основываются на определении положения бьющих точек при начальном пуске и пуске с пробной массой m_n , установленной в разных положениях. При испытаниях на дорезонансных частотах вращения бьющая точка соответствует "тяжелому месту", а ее положение определяется углом смещения фазы вибрации по сравнению с пуском без m_n .

Метод двух пусков состоит в пусках без пробной массы и с пробной массой m_n , устанавливаемой под углом 180° , и измерении углов сдвига фаз по сравнению с начальным пуском. Метод трех пусков предполагает измерение фаз колебаний, полученных при начальном пуске и пусках с пробной массой, устанавливаемой последовательно в трех положениях под углом 120° .

Метод единовременного измерения амплитуд и фаз колебаний требует только пары пусков: с первоначальным дисбалансом и пробным грузом m_n , при которых замеряют амплитуды A_0 , A_1 и относительное изменение угла смещения фазы колебаний, а между двумя этими состояниями.

Перечисленные методы требуют применения комплекса дорогостоящей аппаратуры и методов, связанных с необходимостью многократных измерений векторов колебаний, в том числе фазовых углов. При этом возникают проблемы достижения высокого уровня сбалансированности, так как именно фазоизмерители вносят наибольший вклад в ошибку измерений, потому что допускаемая паспортная ошибка подобных приборов составляет не менее $\pm 5^\circ$. Вычисленные значения массы балансировочного груза и угла его монтажа зачастую считаются лишь приблизительными и требуют тщательной подгонки с неоднократными опытными запусками.^[1]

1.2.3. Обзор балансировочного оборудования

Балансировочные станки используются в ходе балансировки крутящихся элементов разных машин — роторов электродвигателей и турбин, валов, муфт, винтов, гироскопов и т.д. Кроме того уравнивают патроны фрезерных станков, это дает возможность уменьшить вибрацию, и что даже наиболее немаловажно избежать неисправность шпинделя, сопряженную с дисбалансом на больших скоростях.

Стенд балансировочный для коленчатых валов и любых роторов БАЛКАР-1500КВ



Рис. 9 Балансировочный станок БАЛКАР-1500КВ

Таблица 1 Характеристики станка БАЛКАР-1500КВ

Описание	Станок балансировочный для коленчатых валов и любых роторов
Тип	Горизонтальный, дорезонансный, с жесткими опорами
Привод изделия	Осевой и (или) ременный - по выбору заказчика
Количество опор и плоскостей измерения	2 шт., регулируемые по высоте
Масса изделия	0,15 - 150 кг
Диаметр изделия максимальный	800 мм (над станиной)
Длина изделия	140 - 1400 мм
Класс точности балансировки	G1 по ГОСТ ИСО 1940-1-2007
Доворот изделия на угол корректировки	Ручной или автоматический (опция)
Тормоз осевого привода	Опция
Датчики вибрации	Пьезоэлектрические датчики силы, встроенные в опоры
Масса станка вместе с электрошкафом	1190 кг
Средство печати сертификата	Лазерный принтер (в комплекте)

Продолжение таблицы 1

Интерфейс пользователя	Цветной сенсорный монитор, стойкий к ударам
Тип датчика фазы для ременного привода	Лазерный отметчик оборотов
Габаритные размеры станка (ДхШхВ)	1590х620х1180 мм
Габаритные размеры электрошкафа (ДхШхВ)	540х600х1750 мм
Фундамент под станок	Не требуется
Требования к электрической сети	1 фаза, 220 В, 50 Гц, 10А, защитное заземление обязательно
Электропривод	Частотно-регулируемый асинхронный, 400 - 5000 оборотов/мин, 1.1 кВт
Защита от пыли и влаги	IP54

Балансировочные станки серии ВМ (ВМ-010-С, ВМ-010) для сверхлегких роторов разработаны фирмой ДИАМЕХ (Рис.10).

Зарезонансные балансировочные станки с горизонтальной осью вращения для высокоточного уравнивания сверхлегких роторов массами от 5 гр до 8 кг применяются для уравнивания небольших якорей электродвигателей, роторов турбонаддува, высокоскоростных тел вращения космического, авиационного и военного назначения.

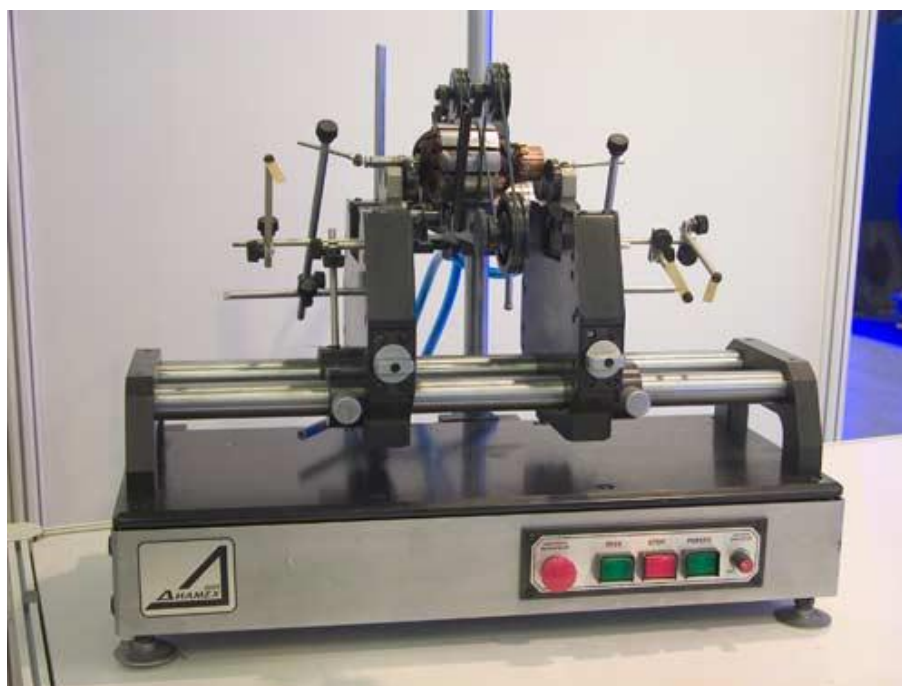


Рис.10 Балансировочный станок ВМ-010

Таблица 2 Характеристики станка ВМ-010

Грузоподъемность	кг	0.005 - 3	0.03 - 8
Максимальный диаметр ротора	мм	90	170
Расстояние между опорами	мм	10 - 410	10 - 410
Диаметр опорных шеек ротора	мм	2 - 50	2 - 60
Минимально достижимый остаточный удельный дисбаланс	г·мм/кг	0.05	0.05
Частота вращения при балансировке	об/мин	350 - 5000	350 - 5000
Мощность двигателя	кВт	0.075	0.075
Тип привода		Ремень	Ремень
Длина основания	мм	500	500
Масса станка	кг	35	35

Станки балансировочные серии БС-24 для роторов массой от 100 грамм до 10 килограмм производятся отечественной фирмой Росбал.

Модельный ряд балансировочных станков БС-24 содержит балансировочные машины БС-24-8, БС-24-16 (Рис.11). Данная серия представляет собой станки для динамической балансировки различных тел вращения, как межопорных, так и консольных. Используя специальные оправки можно балансировать роторы типа диск.



Рис. 11 Балансировочный станок БС-24-16



Рис. 12 Балансировочный станок БС-24-8

Таблица 3 Характеристики станков БС-24

Параметры	БС-24-8	БС-24-16
Максимальная масса ротора, кг	10	20
Минимальная масса ротора, кг	0,1	0,2
Максимальная нагрузка на одну опору, кг	5	10
Диаметр балансируемых роторов (min-max), мм	15-300	15-400
Расстояние между серединами, опорных шеек ротора (min-max), мм *	40-500	
Диаметр опорных шеек ротора (min-max), мм	6-16	8-30
Максимально достижимый, остаточный дисбаланс, г х мм/кг	0,1	0,11
Частота вращения при балансировке	600-4000	
Тип привода	Ременной, асинхронный, частотно регулируемый	
Система натяжения	Тангенциальная / 4 шкива	
Тип опор	Роликовые, V-образные	
Мощность привода, кВт	0,15	0,37
Габариты станка, мм	650x750x800	
Масса механической части станка (не более), кг	130	160
Напряжение питания, В	220/380	

Балансировочный станок польского производства CIMAT SMT5H2P

CIMAT предлагает универсальные и специальные балансировочные станки, приспособленные к потребностям каждого клиента. Эти станки используются в авиационной, космической, автомобильной, энергетической, судостроительной, горнодобывающей, металлургической, вентиляционной, сельскохозяйственной и других промышленности.



Рис. 13 CIMAT SMT5H2P

Характеристики

- Направление: горизонтальный
- Применение: для ротора электродвигателя
- Другие характеристики: уравнивание в двух плоскостях, балансировка в одной плоскости, высокой точности
- Нагрузка на ротор:
МИН.: 50 г (1.76 oz)
МАКС.: 5 кг (11.02 lb)
- Скорость вращения:
МИН.: 0 об/мин (0 rad.min-1)
МАКС.: 10000 об/мин (62831.85 rad.min-1)

Станки балансировочные универсальные дорезонансные до 30000 кг VTM Group серии 9Д Украина.

Для различных роторов: Балансировка роторов в диапазоне масс до 100 кг, до 500 кг, до 1500 кг, до 3000 кг.

Балансировка межопорных и консольных роторов различных конструкций и типов (якоря электродвигателей, турбины, барабаны).

Балансировка деталей, не имеющих собственных несущих поверхностей (диски, вентиляторы, насосы) на специальных оправках.



Рис. 14 Станок балансировочный дорезонансный модели 9Д715У



Рис. 15 Станок балансировочный дорезонансный модели 9Д716

Таблица 2 Технические характеристики балансировочных станков серии 9Д

Параметры	9Д715	9Д715 У	9Д716	9Д717	9Д718	9Д719	9Д720
Диапазон масс балансируемых роторов, кг	1-100	1-300	5-500	15-1500	30-3000	50-50000	100-10000
Максимальный диаметр ротора, мм	1100	1300	1300	1800	2000	2500	2500
Диаметр опорных шеек ротора, мм	20-140	20-140	30-180	40-230	50-300	50-300	50-300
Расстояние между серединами опорных шеек ротора, мм min/max	150-1350	150-1350	200-2000	360-3000	470-3000	470-3000	500-4600
Тип опор	Ролики						
Минимально достижимый остаточный удельный дисбаланс, г.мм./кг	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Диапазон частот вращения ротора, об/мин	300-1500	300-1500	300-1500	250-1200	200-1000	200-1000	200-1000
Тип привода	Частотно-регулируемый асинхронный электропривод						
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	2,2	4,0	7,5	15,0	22,0	30,0
Элемент передающий вращение ротора	Ремень	Ремень	Ремень	Ремень	Ремень	Ремень	Ремень
Приборное оснащение	Прибор балансировочный						
Длина основания, мм	1600	1600	2600	3150	3150	4000	5000

1.2.4. Обзор диагностического оборудования

Приборы измерения вибрации применяются для оперативной оценки состояния промышленного оборудования. Виброанализаторы проводят её в полном соответствии с нормативной базой. Их своевременное применение позволяет быстро установить причины чрезмерной вибрации агрегатов, от которых зависит работа предприятия в целом.

Анализаторы вибросигналов имеют разное исполнение и могут быть как стационарными, так и портативными (переносными). Вместе с ними поставляются специализированные программы вибродиагностики вращающегося оборудования, благодаря которым можно узнать результаты с наибольшей точностью.

АГАТ-М

2-х каналный анализатор вибрации / Балансировочный прибор



Рис. 16 Диагностический прибор АГАТ-М

В универсальном портативном анализаторе вибрации АГАТ-М, реализованы все основные возможности современных виброанализаторов, а также добавлены функции, которые позволяют значительно расширить перечень задач вибродиагностики и балансировки.

АГАТ-М - это двухканальный анализатор параметров дисбаланса, а также лучший в своем классе прибор для проведения 2-х плоскостной динамической балансировки вращающегося оборудования в собственных опорах.

В комплекте с прибором поставляется программное обеспечение АГАТ-ПРОТОКОЛ, которое значительно упрощает процесс разгрузки обработки и хранения данных балансировок.

Использование прибора в качестве коллектора/сборщика данных совместно с программным обеспечением ДИАМАНТ-2 позволяет создать полноценную систему прогнозируемого обслуживания оборудования.

Отличительной особенностью прибора АГАТ-М является наличие функции экспресс-диагностики подшипников качения, которая по однократному замеру позволяет определить дефекты монтажа, зарождающиеся дефекты подшипников, а также степень их износа.

Для определения собственных частот агрегата и его резонансов в приборе реализованы функции разгона и выбега, в том числе одновременно по двум каналам, и спектра собственных частот.

Прибор АГАТ-М имеет оптимальный набор функций, что позволяет решать самые различные задачи измерения вибрации, вибромониторинга и балансировки роторов в собственных опорах.

Для контроля и анализа вибрации газоперекачивающих агрегатов, нефтяных насосов и другого оборудования, установленного во взрывоопасных помещениях категорий В-1а, В-1б, В-1г, прибор может поставляться во взрывозащищенном исполнении с уровнем взрывозащиты "Повышенная надежность". Маркировка взрывозащиты - 2ExnLПВТ4Х.

Зарегистрирован в Госреестре средств измерений № 29452-05.

Таблица 3 Технические характеристики прибора АГАТ-М

Технические характеристики	
Частотный диапазон, Гц	2 - 10000
Каналы измерения вибрации	2
Тип подключаемых датчиков	
Датчики вибрации	пьезоэлектрические ICP
Функции обработки	
Общий уровень, пик-фактор, амплитуда/фаза, спектр, форма сигнала, спектры огибающей сигнала, одно и двухканальные выбег и временные характеристики	

продолжение таблицы 5

Основные режимы работы	
Анализатор вибрации с экспертной системой, в том числе диагностика подшипников качения	
Сборщик данных - функции периодического мониторинга	
Балансировочный прибор - до 2 плоскостей коррекции, до 4 измерительных точек	
Усреднения	Без усреднений, линейные
Количество линий спектра:	100, 200, 400, 800
Режимы запуска:	Свободный, от отметчика, от сигнала
Длина выборки сигналов:	256, 512, 1024, 2048
Число точек на характеристике:	100
Корпус, клавиатура, дисплей, связь с ПК	
Корпус	Металлический, пыле-, влагозащищенный
Клавиатура	Тактильная, пыле-, влагозащищенная
Дисплей	Низкотемпературный ЖКИ с подсветкой 128x128
Связь с ПК	RS-232 (USB переходник в комплекте)
Питание, условия эксплуатации	
Питание:	встроенные аккумуляторы, сетевой блок питания
Длительность работы от аккумулятора	не менее 6 часов
Условия эксплуатации	-10 ... +60 С
Физические параметры	
Габариты	220 x 110 x 38 мм

ОНИКС

2-х каналный анализатор вибрации на базе Windows CE



Рис. 17 ОНИКС

Виброанализатор ОНИКС - флагман модельного ряда портативных приборов вибродиагностики компании ДИАМЕХ 2000, созданный на базе самых современных аппаратных и программных технологий, он стал логическим продолжением модельного ряда высокотехнологичных переносных виброанализаторов производства ДИАМЕХ 2000.

Взгляните на вибродиагностику по-новому, воспользуйтесь самыми последними мировыми достижениями в области измерения и анализа вибрации, диагностики состояния подшипников, балансировки роторов в собственных опорах.

Виброанализатор ОНИКС отвечает всем общемировым стандартам современного приборостроения, ориентированным на удобство конечного пользователя. Большой цветной дисплей высокого разрешения позволяет выполнять анализ данных в полевых условиях без использования переносного компьютера.

Эргономичное исполнение, небольшие габариты и вес, простой интуитивно понятный пользовательский интерфейс, процедура упрощенного ввода данных, разветвленная система помощи и многие другие особенности позволяют с мак-

симальной эффективностью и удобством использовать многочисленные возможности прибора при решении самых сложных задач диагностики.

Анализатор вибрации ОНИКС обладает уникальными техническими характеристиками - большой объем памяти, высокое разрешение дисплея, расширенный частотный (0,5 - 40 кГц) и динамический диапазон (>100 Дб) позволяют использовать его в качестве самостоятельного инструментария при мониторинге и диагностике даже без применения специального программного обеспечения.

Виброанализатор ОНИКС без сомнения будет высоко оценен профессионалами в области вибрационной диагностики и наладки как безупречное средство измерения и анализа вибрации, отвечающее самым современным мировым стандартам.

Зарегистрирован в Госреестре средств измерений: 39887-08

Таблица 4 Характеристики прибора ОНИКС

Частотный диапазон, Гц	2 - 40000
Динамический диапазон, Дб	100 >
Каналы измерения вибрации	2 синхронных, независимых
Тип подключаемых датчиков	
Датчики вибрации	пьезоэлектрические ICP
Возможность подключения датчиков физических величин	есть
Возможность подключения датчиков электрических величин	есть
Функции обработки	
Общий уровень, Форма сигнала, Дамп временного сигнала, Спектр, Спектр огибающей, Спектр собственных частот, Спектр 1/3 октавный, Разгон / Выбег, Амплитуда / Фаза, Пик-фактор, Эксцесс, Орбита, Сила тока	
Основные режимы работы	
Анализатор вибрации с экспертной системой, в том числе диагностика подшипников качения	
Сборщик данных - функции периодического мониторинга	
Балансировочный прибор - до 20 плоскостей коррекции, до 20 измерительных точек	
Процессор, память, операционная система, связь с ПК	
Процессор	Marvell PXA270 520 МГц
Операционная система	Windows CE 6.0
Объем оперативной памяти	64 Мб
Используемый тип сменных карт памяти	SecureDigital (SD)
Связь с ПК	USB, Ethernet 10/100 Мбит/с

продолжение таблицы 6

Корпус, клавиатура, дисплей	
Корпус	Цельнометаллический, пыле-, влагозащищенный
Клавиатура	Тактильная, пыле-, влагозащищенная
Дисплей	7", 800x480, WVGA, 65536 цветов, защищен ударопрочным стеклом
Питание, условия эксплуатации	
Аккумулятор	Li-ion, съемный, 4400 мАч, 14,8 В
Длительность работы от аккумулятора в стандартном режиме при минимальной яркости дисплея	8 ч
Стандартные условия эксплуатации	-10 ... +50 °С
Физические параметры	
Габариты	240 x 240 x 80 мм

Мультиплексоры на 4/16/64 канала для последовательных замеров

Для виброанализаторов КВАРЦ / ТОПАЗ-В, ТОПАЗ, АГАТ-М

В силу целого ряда причин иногда крайне затруднительно или даже невозможно бывает устанавливать датчики на объект диагностирования во время его работы.



Рис. 18 Мультиплексор 4 канала

Например, при проведении многоплоскостной балансировки гораздо удобнее не переставлять датчик вибрации помногу раз из точки в точку, а последовательно снимать показания с единой установленной датчиков, а при ходовых испытаниях колесно-моторного блока тележки электропоезда такие перестановки невозможны в принципе. В этом случае могут быть использованы мультиплексоры моделей МС-4 (на 4 канала) (Рис. 18), и МС-16 (на 16 каналов) которые подключаются к виброанализаторам ТОПАЗ и КВАРЦ и позволяют проводить измерения последовательно по нескольким точкам. Также мультиплексоры могут использоваться в качестве полустационарной системы диагностики, в которой мультиплексор и датчики стационарно установлены, а виброанализатор (КВАРЦ, ТОПАЗ, АГАТ-М) используется как сборщик данных.

Таблица 5 Характеристики мультиплексоров

Частотный диапазон:	0.3 - 20000 Гц (в зависимости от типа датчика)		
Количество каналов измерения вибрации:	4	16	64
Совместимость с виброанализаторами:	КВАРЦ / ТОПАЗ-В, ТОПАЗ, АГАТ-М (с датчиками АС)		
Количество каналов измерения частоты вращения:	-	-	8
Порядок опроса каналов:	Последовательный		
Коэффициент передачи:	1.0		
Переходное затухание между каналами:	не менее 70 дБ		
Типы замеров:	Любые одноканальные замеры, реализованные в виброанализаторе		
Питание, условия эксплуатации			
Питание:	Сетевой блок питания 12 В, стандартные аккумуляторы		220 В, 50 Гц
Длительность работы от аккумуляторов:	Не менее 24 часов при полной нагрузке		
Условия эксплуатации:	-10 ... +50° С		0 ... +70° С (базовое)
Корпус:	Металлический, грязезащитный		
Габариты:	330 x 230 x 75 мм		

Датчики для измерения вибрации

Датчик вибрации (виброметр) – прибор, позволяющий определять параметры вибрационных явлений.



Рис.19 Датчик вибрации AC102-1A

Датчик вибрации общего назначения с осевым выходом для приборов
ЯНТАРЬ-М, АГАТ-М, ОПАЛ, КВАРЦ-2, ОНИКС

Частотный диапазон: 2 - 10000 Гц

Диапазон измерений: 500 м/с²

Температурный диапазон: -50 ... +120° С

Наиболее часто виброметры используются для определения:

1. Виброскорости
2. Виброускорения
3. Виброперемещения

Виброскорость – это скорость перемещения контролируемой точки оборудования во время её прецессии вдоль оси измерения.

В практике измеряется обычно не максимальное значение виброскорости, а ее среднеквадратичное значение, СКЗ (RMS). Физическая суть параметра СКЗ

виброскорости состоит в равенстве энергетического воздействия на опоры машины реального вибросигнала и фиктивного постоянного, численно равного по величине СКЗ. Использование значения СКЗ обусловлено ещё и тем, что раньше измерения вибрации велись стрелочными приборами, а они все по принципу действия являются интегрирующими, и показывают именно среднеквадратичное значение переменного сигнала.

Из двух широко применяемых на практике представлений вибросигналов (виброскорость и виброперемещение) предпочтительнее использование виброскорости, так как это параметр, сразу учитывающий и перемещение контролируемой точки, и энергетическое воздействие на опоры от сил, вызвавших вибрацию. Информативность виброперемещения может сравниться с информативностью виброскорости только при условии, когда дополнительно, кроме размаха колебаний, будут учтены частоты, как всего колебания, так и его отдельных составляющих. На практике сделать это весьма проблематично.

Виброускорение – это значение вибрации, прямо связанное с силой, вызвавшей вибрацию. Виброускорение характеризует то силовое динамическое взаимодействие элементов внутри агрегата, которое вызвало данную вибрацию. Обычно отображается амплитудой (Пик, Peak) - максимальное по модулю значение ускорения в сигнале. Применение виброускорения теоретически идеально, т. к. пьезодатчик (акселерометр) измеряет именно ускорение и его не нужно специально преобразовывать. Недостатком является то, что для него нет практических разработок по нормам и пороговым уровням, нет общепринятого физического и спектрального толкования особенностей проявления виброускорения. Успешно применяется при диагностике дефектов, имеющих ударную природу - в подшипниках качения, редукторах.

Виброперемещение (вибросмещение, смещение) показывает максимальные границы перемещения контролируемой точки в процессе вибрации. Обычно отображается размахом (двойной амплитудой, Пик-Пик, Peak to peak). Виброперемещение – это расстояние между крайними точками перемещения элемента вращающегося оборудования вдоль оси измерения.

Проще говоря, если вибрирующий объект считать простым осциллятором, то виброметр позволяет получить сведения как о базовых параметрах его колебаний (частота и амплитуда), так и, в некоторых случаях, получить спектральную характеристику колебательного процесса.

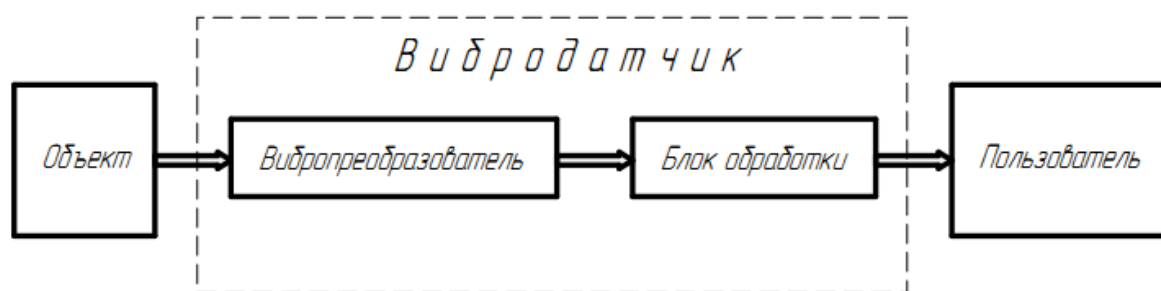


Рис. 20 Схема датчика вибрации

Общая схема датчика вибрации содержит два основных блока (Рисунок 21): вибропреобразователь (1) и электронный блок обработки (2). Функциональное назначение первого блока – преобразование механических вибраций в электрический сигнал. Механизмов преобразования несколько:

- Пьезоэлектрический
- Оптический
- Вихретоковый
- Индукционный

Механизм преобразования в значительной мере определяет, как характеристики прибора, так и его стоимость.

Второй блок – электронный блок обработки – служит для «расшифровки» полученного сигнала. Как правило, на входе таких блоков стоит АЦП, и основная часть операций над сигналом производится уже в цифровом виде, что расширяет функциональные возможности процесса пост-обработки, улучшает помехоустойчивость и позволяет осуществлять вывод информации по внешнему интерфейсу.

При использовании на производстве стационарные виброметры могут входить в состав регулирующих систем в качестве датчиков обратной связи, для этих целей некоторые модели виброметров имеют аналоговый выходной сигнал (как правило, напряжение).

Для получения комплексной характеристики вибрационного процесса в состав измерительной системы может быть добавлен спектроанализатор. Если спектроанализатор многоканальный – он может служить основой распределённой системы вибрационной диагностики, содержащей более одного вибродатчика.

В настоящее время большинство виброметров относится к одному из двух типов:

1. Оптический виброметр
2. Пьезоэлектрический виброметр

Рассмотрим более подробно каждый тип датчиков.

Оптический виброметр

В основу работы оптического виброметра подобно ультразвуковым датчикам перемещения положен эффект Доплера. Прибор обычно содержит лазерный источник излучения, приёмную оптическую схему, а также электронную схему обработки (Рисунок 21). При отражении излучения от неподвижного объекта длина волны принятого луча не отличается от истинной длины волны лазера. Если объект перемещается вдоль оси излучения, происходит сдвиг длины волны отражённого излучения на некоторую величину (эффект Доплера), значение и знак которой несут информацию о скорости и направлении движения объекта, а используемая в составе приёмного оптического модуля интерферометрическая схема позволяет определить эту величину. Таким образом, колебания отражающей поверхности модулируют частотный сдвиг, и электронная обработка этого сигнала модуляции позволяет получить параметры вибрационных колебаний.

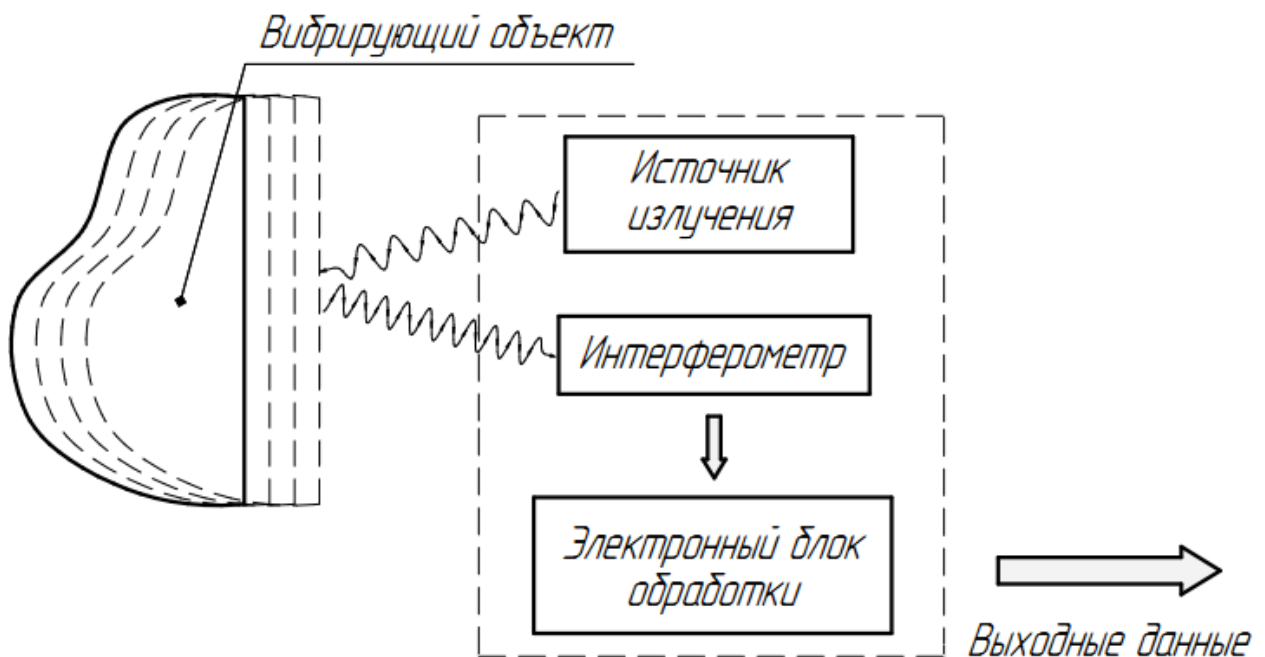


Рис. 21 Схема оптического виброметра

Несмотря на то, что в состав оптических виброметров входит источник лазерного излучения, такие приборы достаточно безопасны, поскольку за счёт высокой чувствительности приёмной оптической системы для проведения измерений достаточной оказывается весьма незначительная оптическая мощность.

Одним из основных достоинств оптических виброметров является то, что диагностика с их помощью может проводиться бесконтактно, при их использовании в стационарном измерительном комплексе требуется лишь однократная фокусировка на измеряемой поверхности. Кроме того, устройства этого типа обладают высокой точностью и быстродействием, поскольку лишены подвижных элементов. К недостаткам можно отнести довольно высокую цену.

Пьезоэлектрический виброметр

Как ясно из названия, в основу работы данного типа приборов положен пьезоэффект – явление возникновения разности потенциалов на пьезокристалле при его механической деформации. Внутри корпуса виброметра содержится инертное тело, подвешенное на упругих элементах, содержащих пьезоэлектрический материал (Рисунок 22). Если корпус прибора прикреплен к вибрирующей поверхности, упругие элементы зарегистрируют колебания инертного тела, которое не прикреплено непосредственно к корпусу, а потому стремится сохранять своё первоначальное положение. В целом, в данной конфигурации пьезоэлектрический виброметр есть не что иное, как акселерометр, и часто довольно сложно провести границу между этими видами чувствительных устройств.

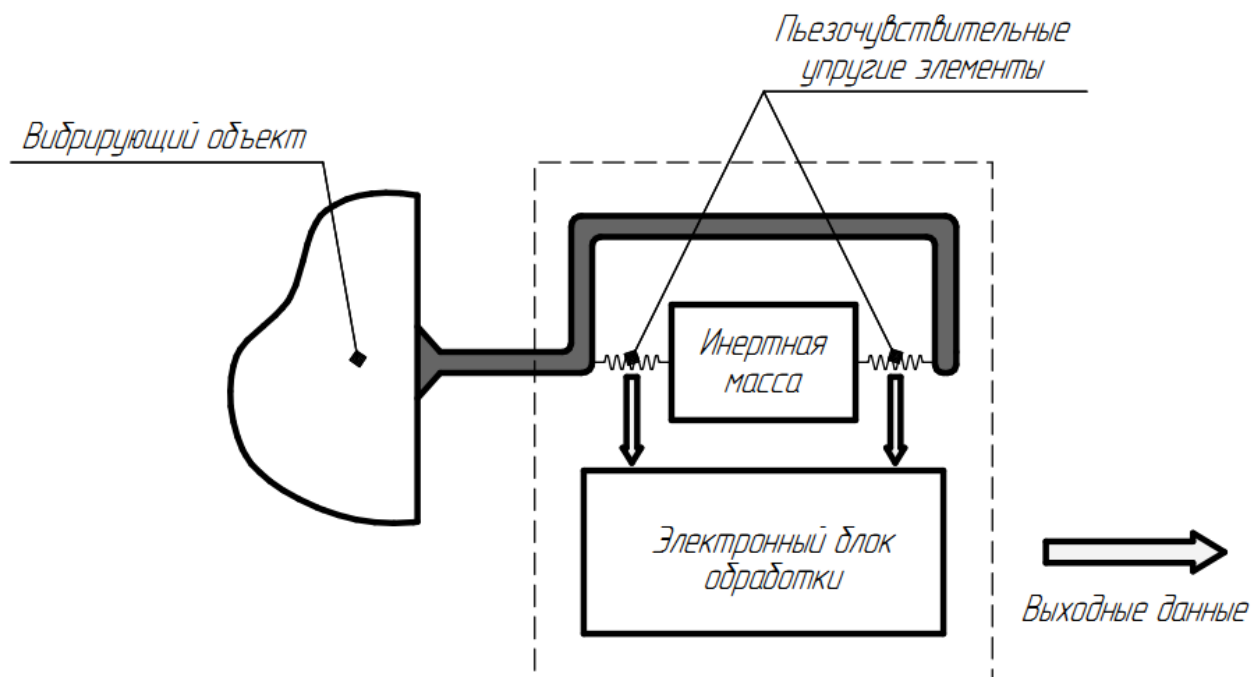


Рис. 22 Схема пьезоэлектрического виброметра

Электрический сигнал с пьезокристалла, как правило, подается на аналогово-цифровой преобразователь, и его обработка осуществляется в цифровом виде. В целом, как и в случае с оптическим виброметром, основным назначением приемного чувствительного блока является преобразование вибрации в элек-

трический сигнал, а характер его дальнейшей обработки определяется параметрами цифровой электронной схемы.

Основным недостатком этого класса приборов является необходимость соприкосновения чувствительной части с измеряемым объектом, что не всегда уместно в условиях производства. Кроме того, пьезоэлектрические приборы имеют, как правило, более узкий диапазон воспринимаемых частот, поскольку имеют механический тракт передачи вибрации, где максимальная частота определяется инертностью компонентов.

К достоинствам пьезоэлектрических виброметров можно отнести их относительно невысокую стоимость, а также относительно простое устройство, что обеспечивает надёжность и устойчивость к внешним воздействиям.

1.3 Практическая часть

1.3.1 Методика проведения балансировки

Балансировка якоря электродвигателя состоит из нескольких этапов:

1. Подготовка изделия и инструментов.
2. Определение параметров исходной вибрации.
3. Замер виброскорости в 3х направлениях прибором Агат-М (рис.16).
4. Анализ частотного спектра и выявление причин дисбаланса.
5. Устранение причин дисбаланса.
6. Расчет корректирующих масс и углов установки корректирующих масс.
7. Удаление (или установка) корректирующих масс.
8. Повторение этапов 5-7 до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность балансировки.
9. Контрольный замер виброскорости в 3х направлениях.
10. Завершение балансировки (составление протокола).

1.3.2 Определение параметров исходной вибрации.

Для оценки состояния двигателя необходимо произвести предварительный замер дисбаланса. Для этого якорь двигателя устанавливается на балансировочный станок, задаются коэффициенты влияния и определяются углы установки(удаления) массы корректирующих грузов.

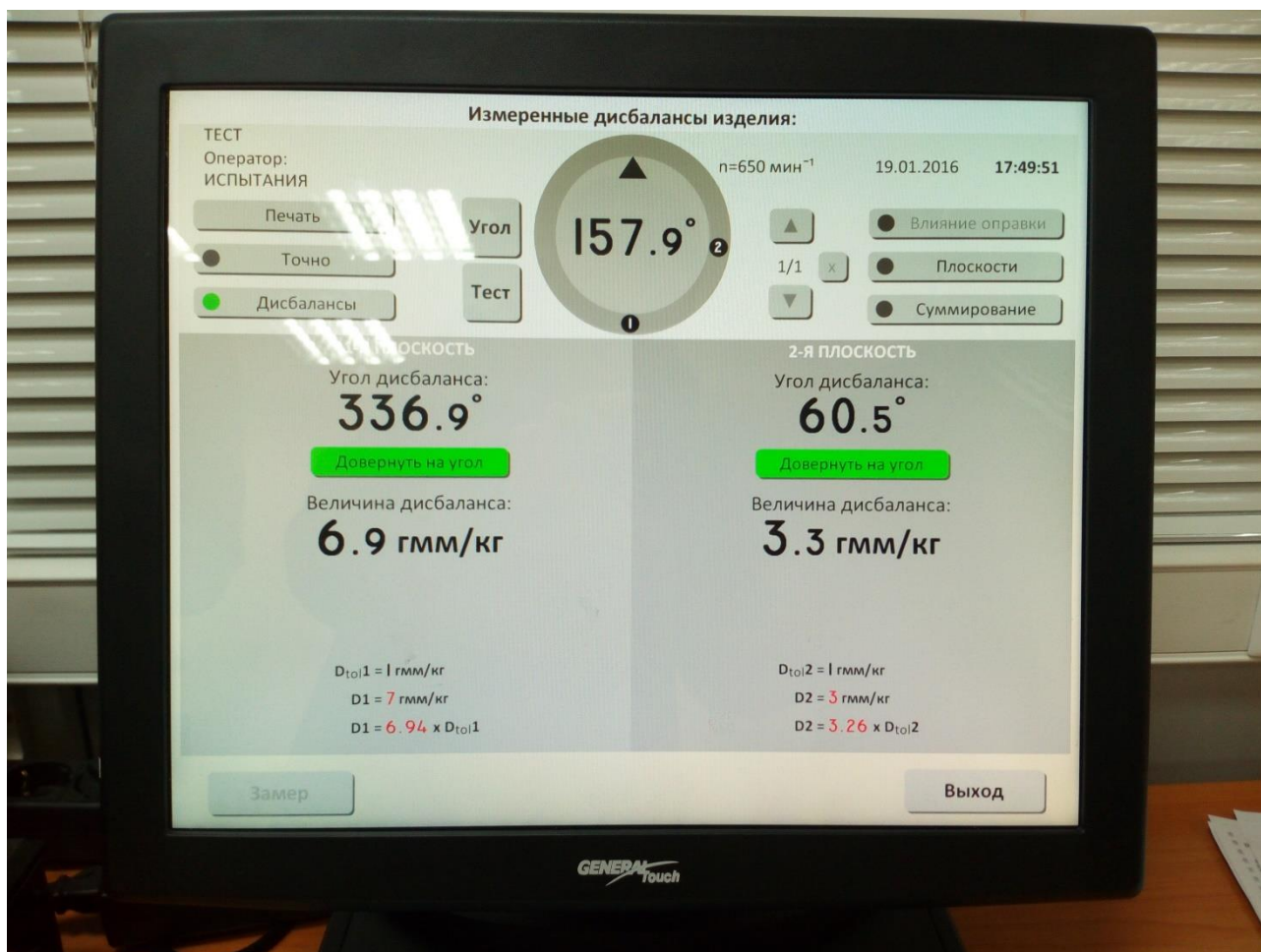


Рис. 23 Результаты предварительной балансировки.

Стенд определил наличие дисбалансов 6,9 гмм/кг в первой плоскости и 3,3 гмм/кг во второй плоскости.

1.3.3 Измерение виброскорости

На втором этапе необходимо понять природу возникновения вибрации в двигателе. Для этого применяют специальные вибродиагностические приборы (Рис.17-20).

Замеры виброскорости производятся в 2 направлениях и 3 плоскостях (Рис. 24).

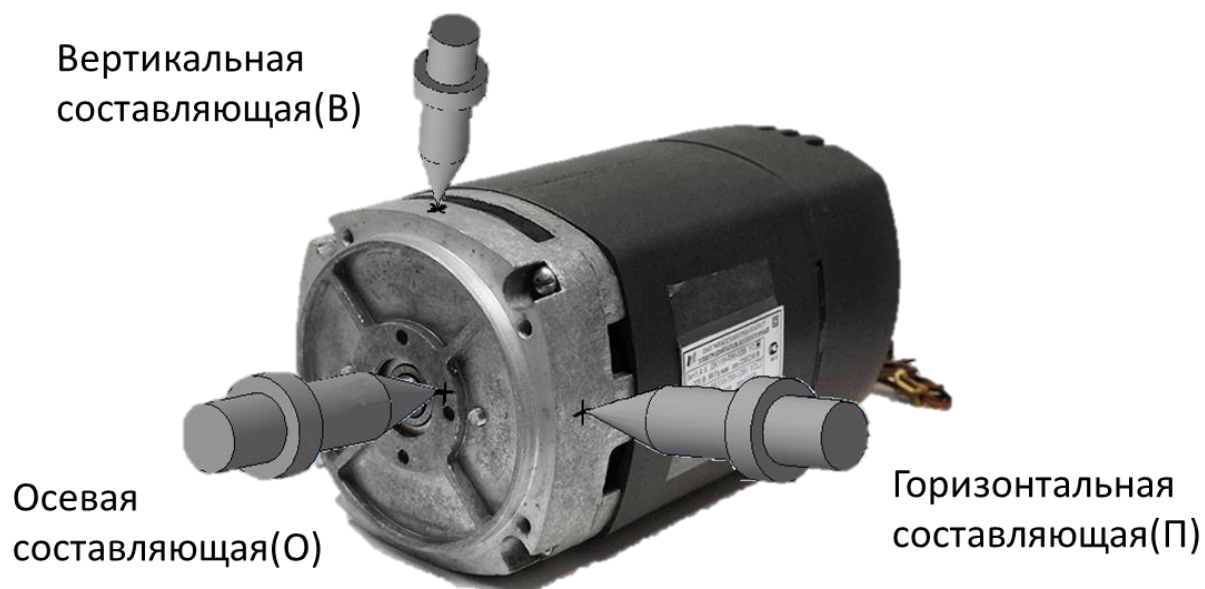


Рис. 24 Схема установки датчика вибрации в 1 плоскости

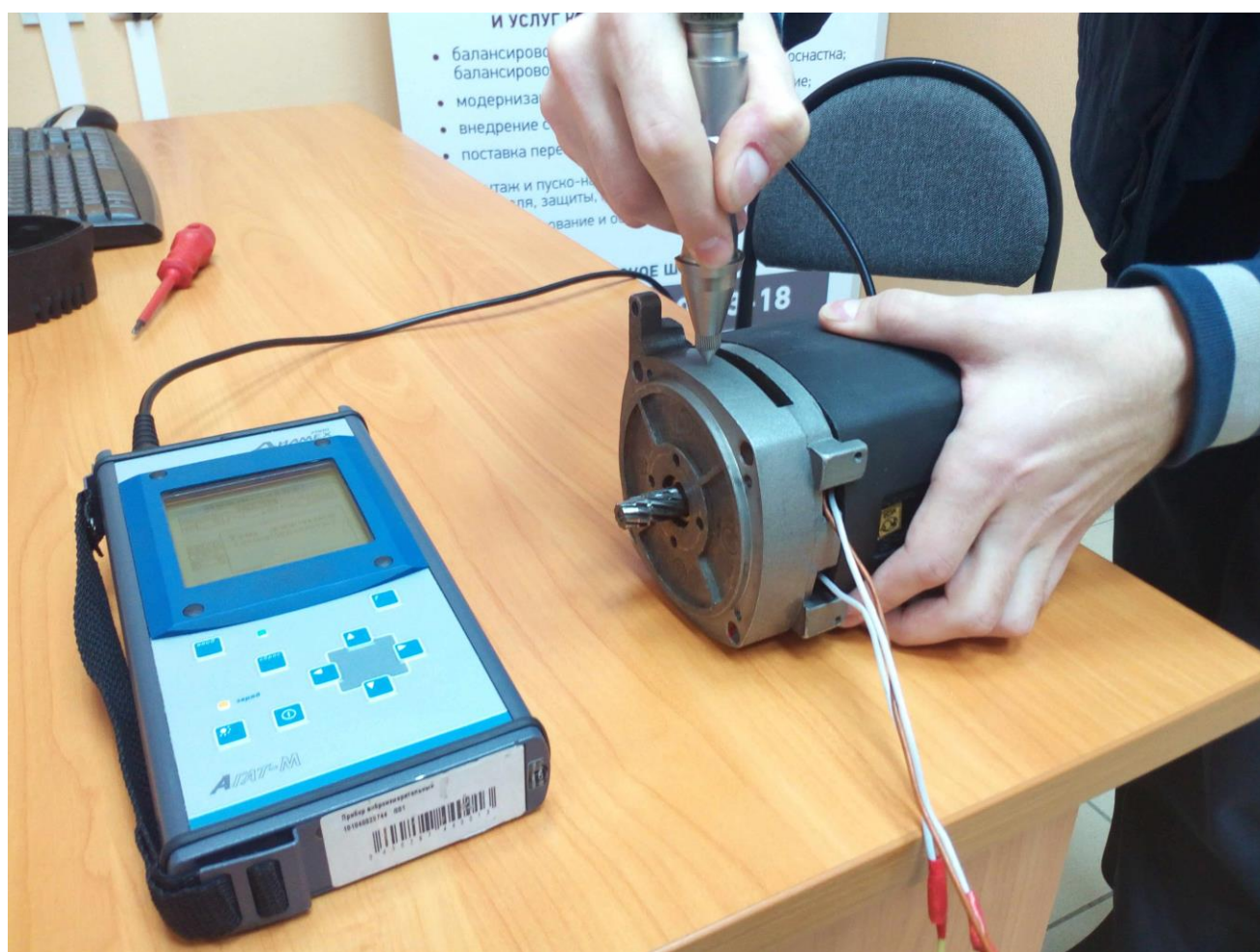


Рис. 25 Замер виброскорости в вертикальном направлении в 1 плоскости

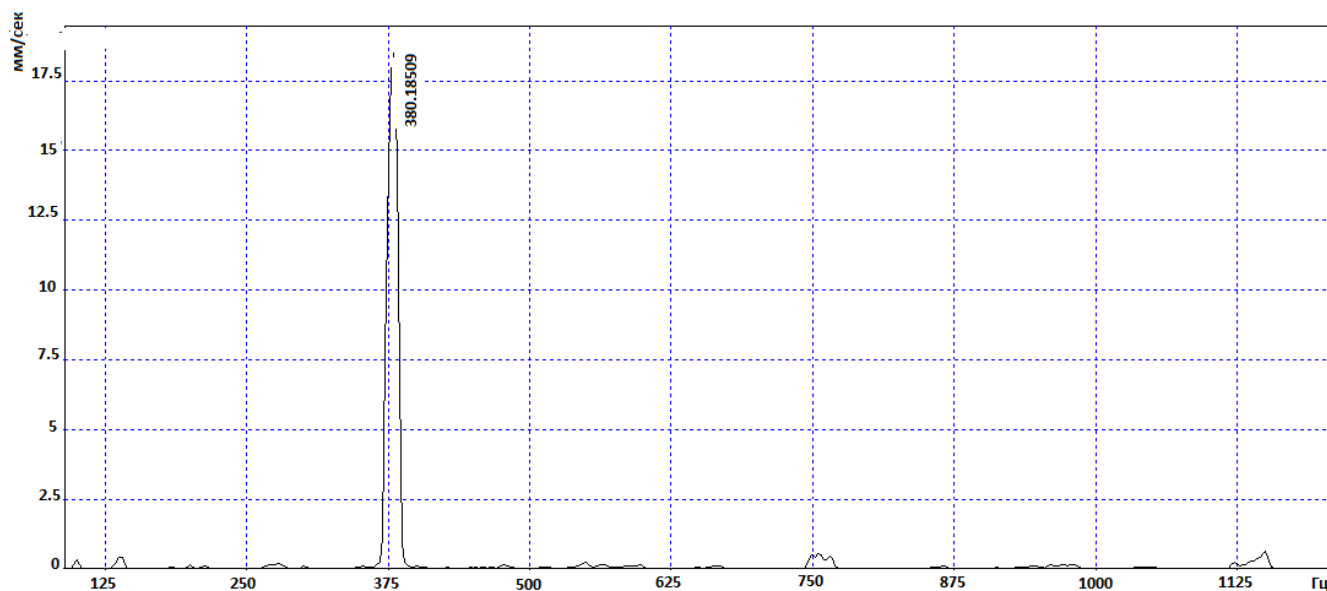


Рис. 26 Результаты замера в 1 плоскости, вертикальное направление.

На этом и последующих графиках выделяются пики на 300-310Гц, что соответствует частоте вращения двигателя 18000 Об/мин и пики на частотах 1190-1250Гц, которые указывают на неисправность в подшипниковом узле.



Рис. 27 Замер виброскорости в горизонтальном направлении в 1 плоскости.

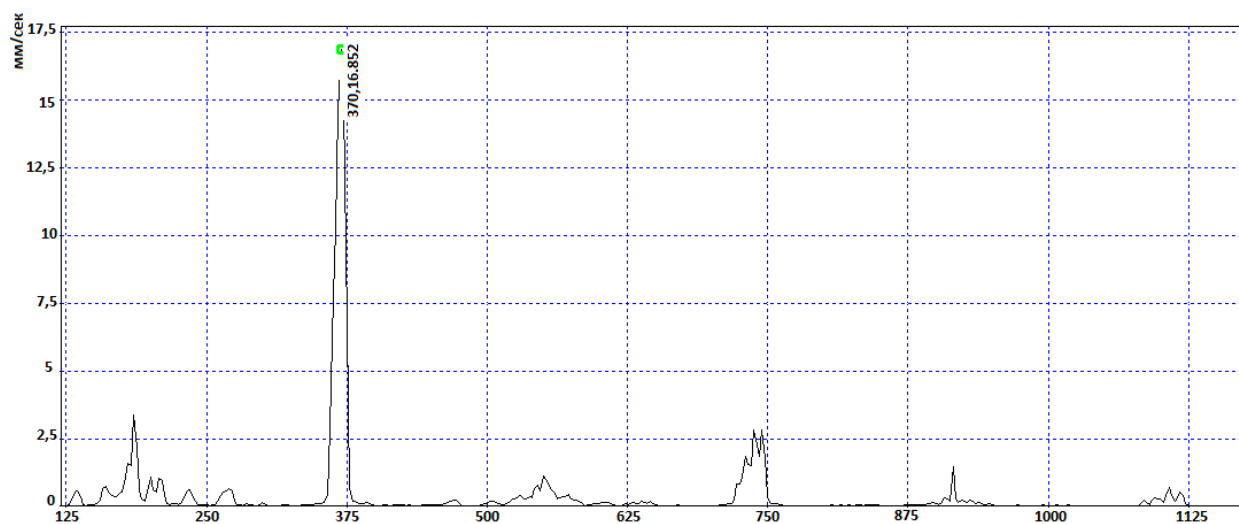


Рис. 28 Результаты замера в 1 плоскости, горизонтальное направление.



Рис. 29 Замер виброскорости в осевом направлении в 1 плоскости.

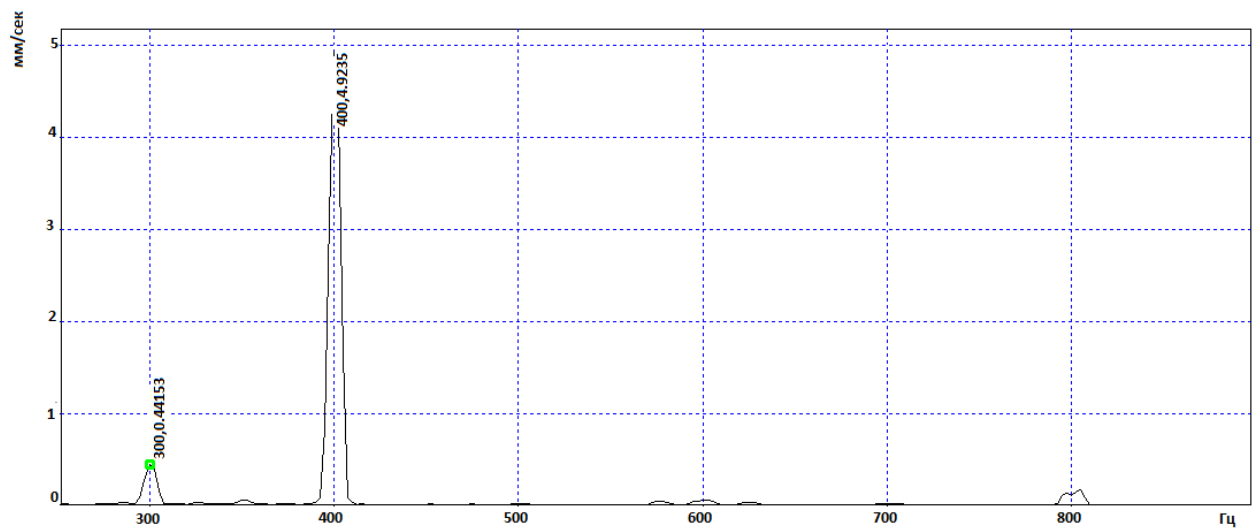


Рис.30 Результаты замера в 1 плоскости, осевое направление.



Рис. 31 Замер виброскорости в вертикальном направлении во 2 плоскости.

Во 2 плоскости пики на частоте 1200+ Гц проявляются наиболее активно, что свидетельствует о сильном износе подшипника во 2 плоскости.

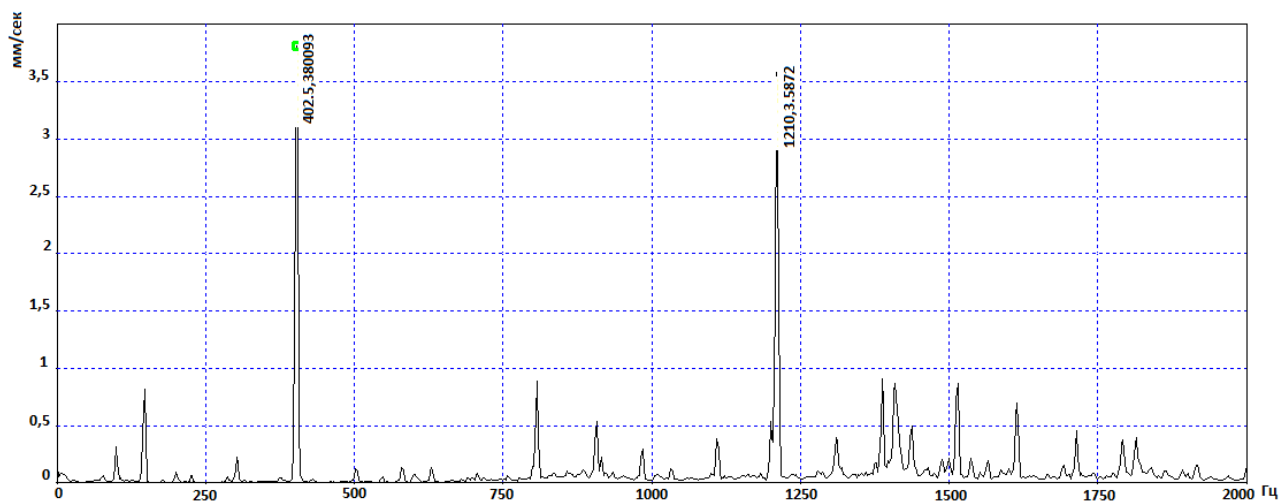


Рис. 32 Результаты замера во 2 плоскости, вертикальное направление.

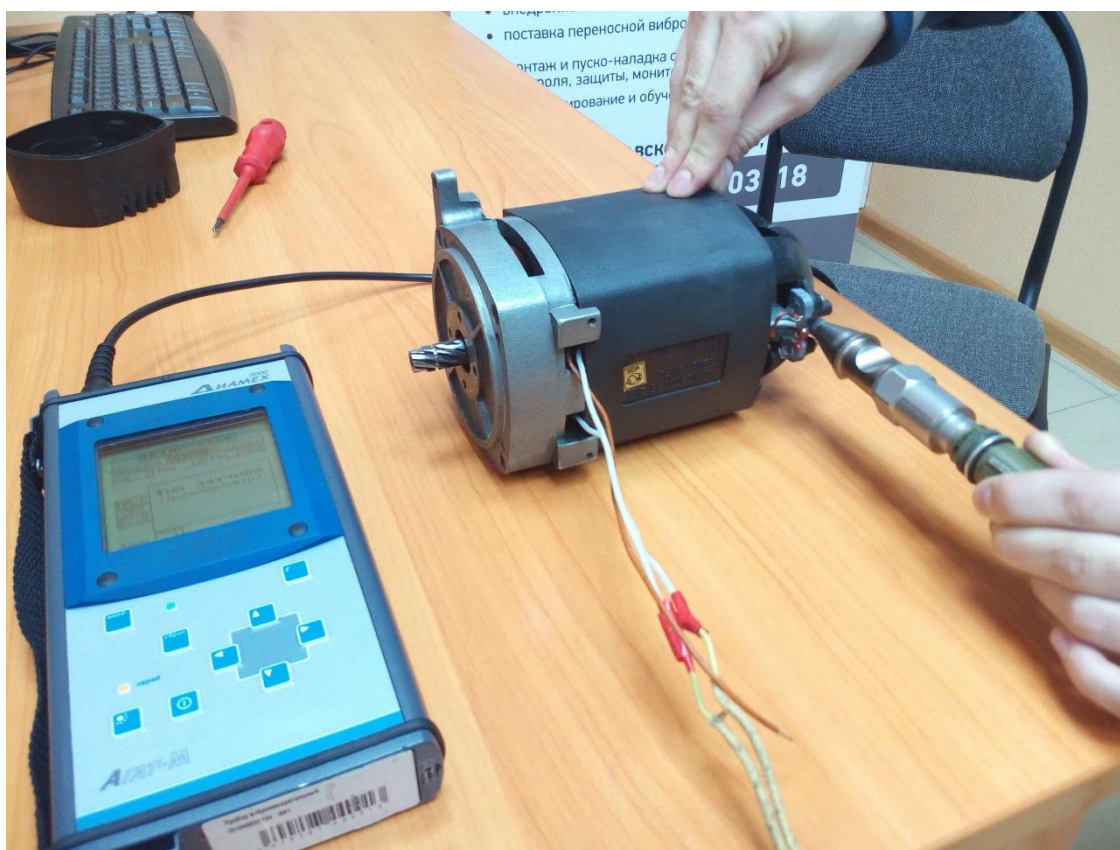


Рис. 33 Замер виброскорости в горизонтальном направлении во 2 плоскости.

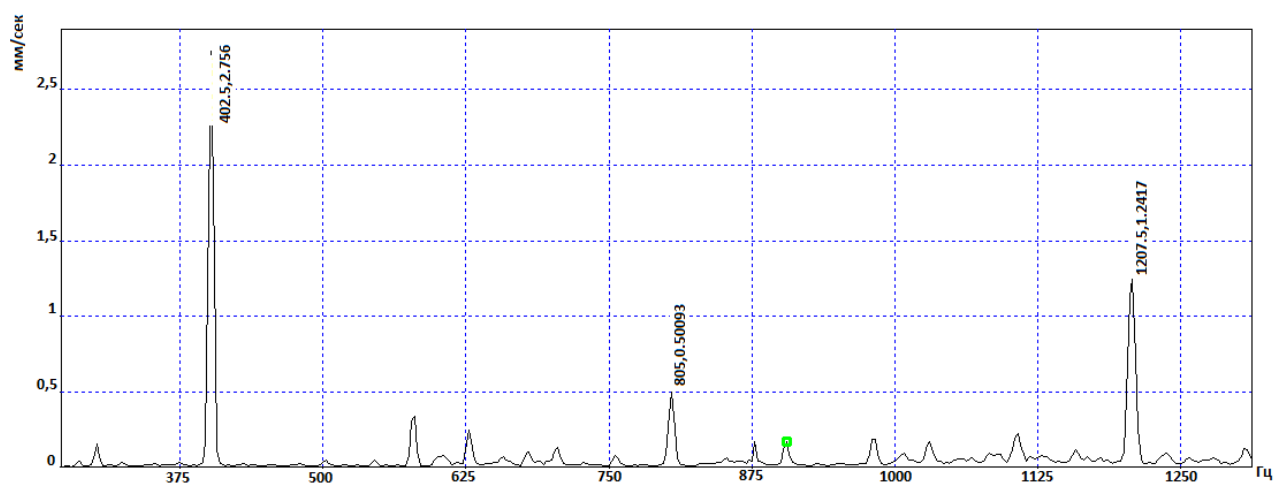


Рис. 34 Результаты замера во 2 плоскости, горизонтальное направление.



Рис. 33 Замер виброскорости в осевом направлении во 2 плоскости.

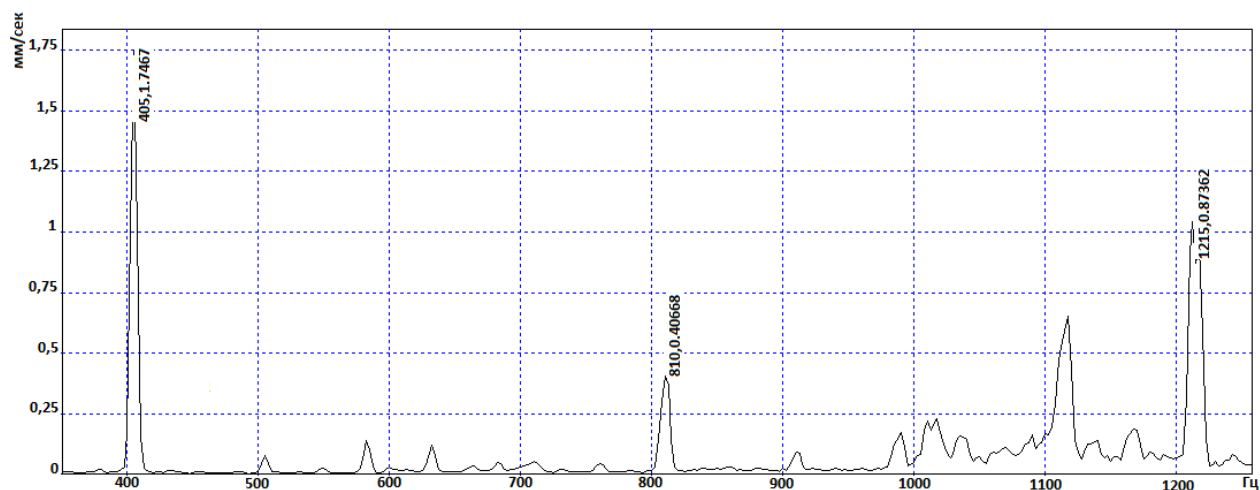


Рис. 36 Результаты замера во 2 плоскости, осевое направление.

Таким образом проведено 2 эксперимента с замерами виброскорости на подшипниках Российского и Германского производства, результаты которых представлены в таблицах 8 и 9. Замеры на подшипниках Российского производства осуществлялись до балансировки якоря (таблица 8).

Таблица 6 Результаты измерений вибрации с использованием подшипников Российского производства.

	Плоскость 1	Виброскорость, V(мм/с)	Плоскость 2	Виброскорость, V(мм/с)
Направление	1В	28,3	2В	6,6
	1П	21,5	2П	3,7
	1О	6,1	2О	3

Таблица 7 Результаты измерений вибрации с использованием подшипников Германского производства.

	Плоскость 1	Виброскорость, V(мм/с)	Плоскость 2	Виброскорость, V(мм/с)
Направление	1В	7,5	2В	3,6
	1П	4,6	2П	4,6
	1О	3,3	2О	2,2

Сравнив полученные данные из таблиц, можно сделать вывод о необходимости замены подшипника на Германский.

Третьим этапом после измерения виброскорости якоря следует его балансировка.

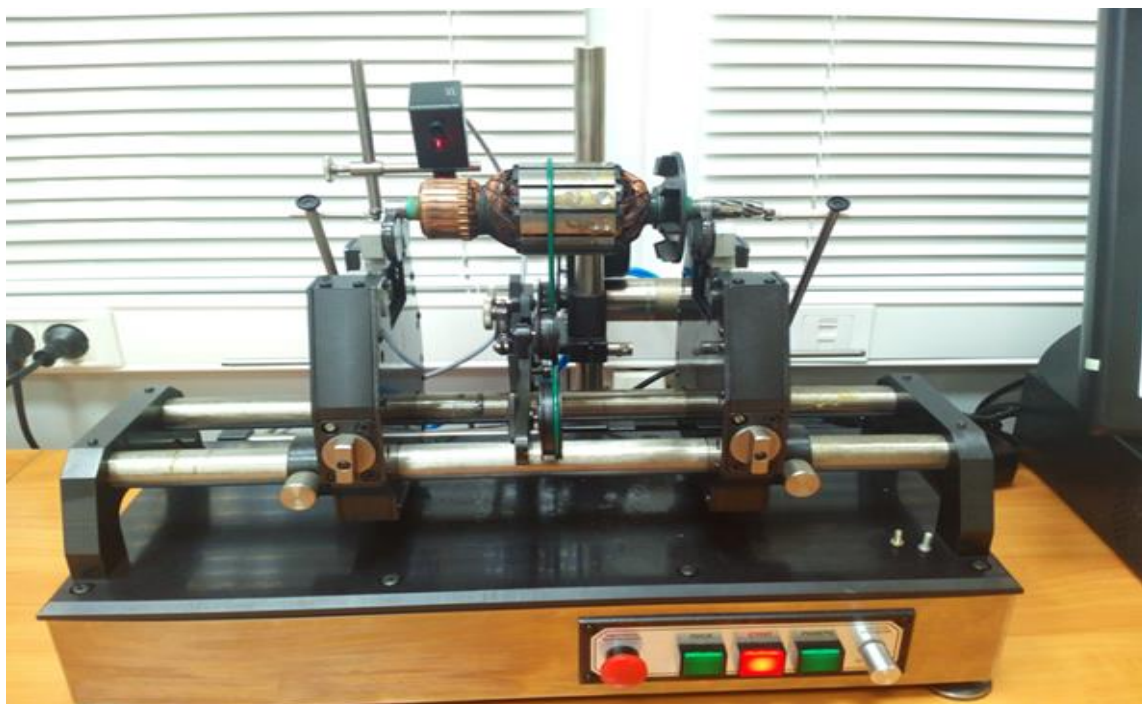


Рис. 37 Якорь, закрепленный на стенде VM-010

Для балансировки используется балансировочный стенд VM-010. Якорь закрепляется в опорах стенда, на него устанавливаются датчики и ремень, для придания вращения.



Рис. 38 Экран стенда во время замера дисбаланса.

После того, как стенд выдал результаты о наличии дисбаланса, углах корректировки масс и размерах корректирующих масс, необходимо методом удаления масс добиться уравнивания якоря.

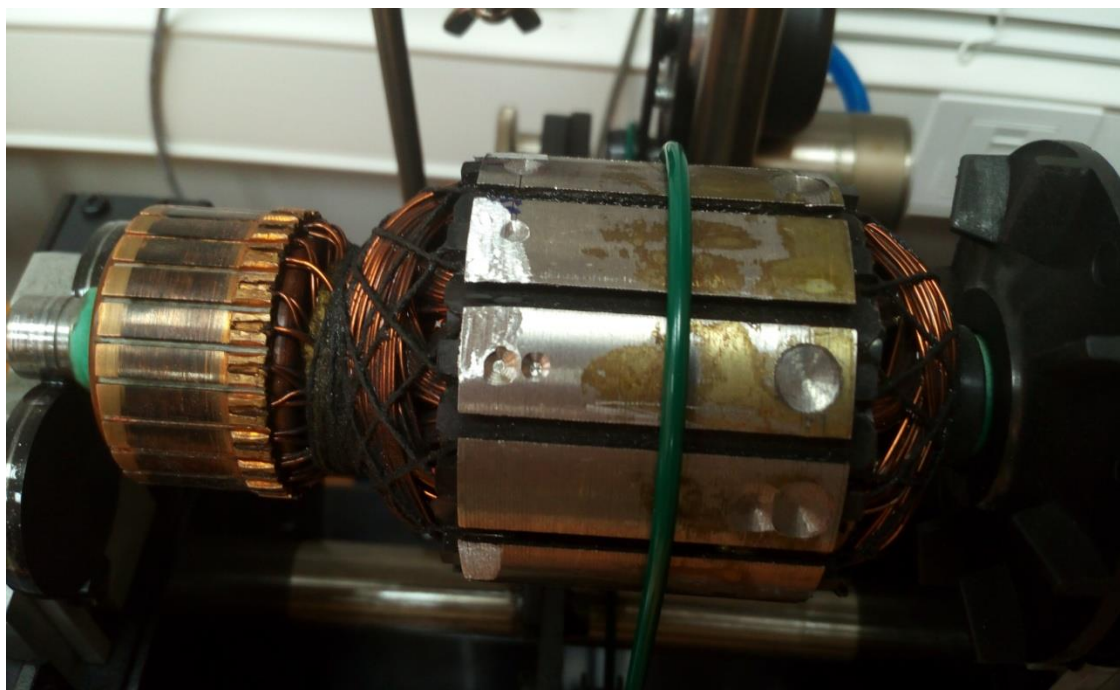


Рис. 39 Якорь со следами удаления массы.

Таким образом добиваются необходимой точности балансировки якоря.

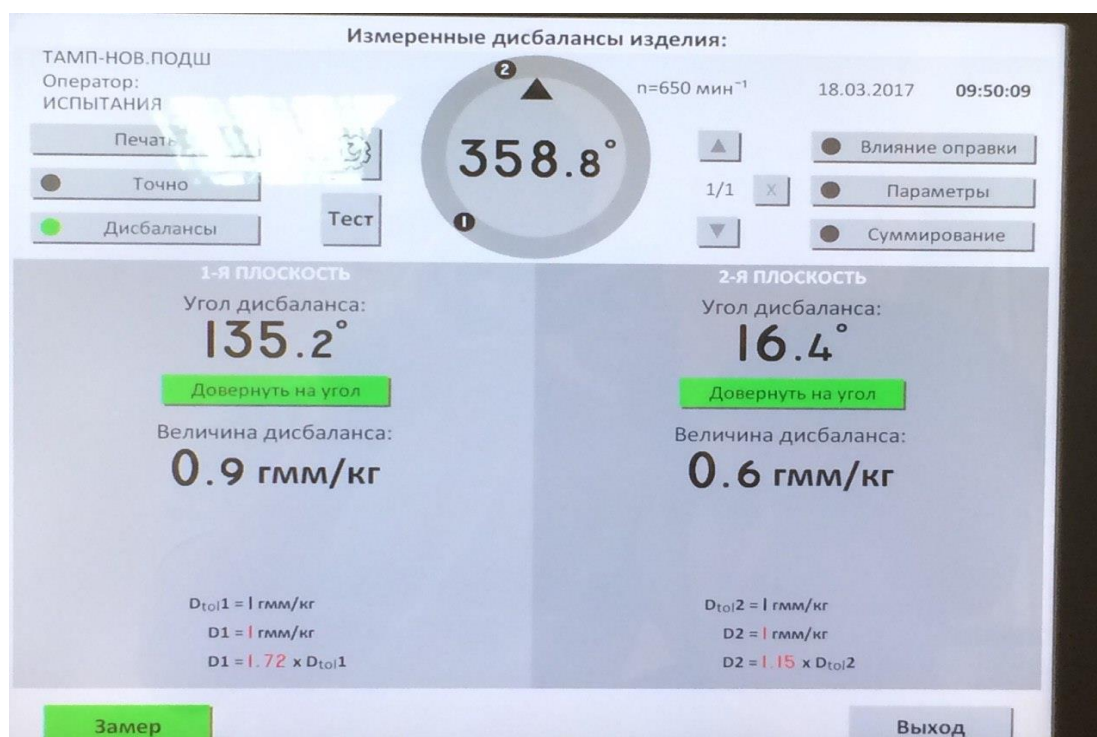


Рис. 40 Величина остаточного дисбаланса отбалансированного якоря.

Расчет дисбаланса на опорах А и В

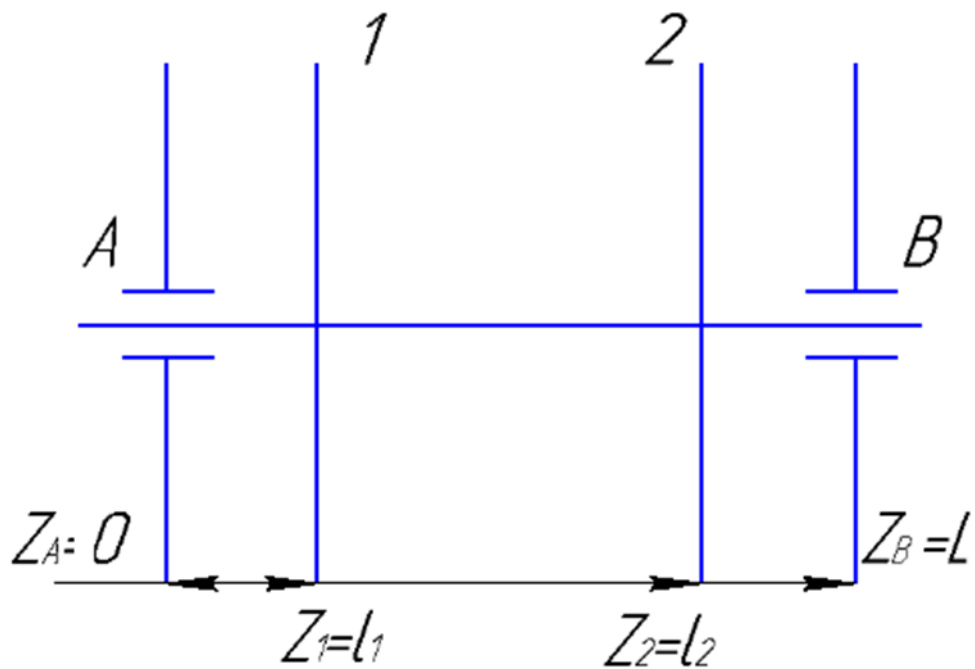


Рис. 41 Схема якоря.

Дисбаланс в плоскости 1 $D_1 = 0,6$ гмм/кг

Дисбаланс в плоскости 2 $D_2 = 0,9$ гмм/кг

Расстояние между опорами $L = 158$ мм

Расстояние $l_1 = 68$ мм, $l_2 = 108$ мм

Расчет дисбаланса в опорах производится по формулам:

Для статической неуравновешенности

$$D_A = \frac{D_1(L-l_1)+(L-l_2)}{L}; \quad D_B = \frac{D_1l_1+D_2l_2}{L};$$

$$D_A = \frac{0,6(158-68)+0,9(158-108)}{158} = 0,62 \text{ гмм/кг}; \quad D_B = \frac{0,6 \cdot 68 + 0,9 \cdot 108}{158} = 0,87 \text{ гмм/кг}.$$

Для моментной неуравновешенности

$$D_A = \frac{D_1(L-l_1)-(L-l_2)}{L}; \quad D_B = \frac{-D_1l_1+D_2l_2}{L}.$$

$$D_A = \frac{54-45}{158} = 0,05 \text{ гмм/кг}; \quad D_B = \frac{-40,8+97,2}{158} = 0,35 \text{ гмм/кг}.$$

Динамическая неуравновешенность – сумма статической и моментной.

$$D_A = 0,62 + 0,05 = \mathbf{0,67} \text{ гмм/кг}; \quad D_B = 0,87 + 0,35 = \mathbf{1,22} \text{ гмм/кг}.$$

Из полученных значений можно сделать вывод, что дисбаланс на опорах выше чем в плоскостях коррекции, поэтому необходимо это учитывать при подборе подшипников.

Так как двигатель будет использоваться в ручной машине электробур для регулировки частоты вращения рабочего органа установлен регулятор (Рис. 42). Он позволяет измерить уровень виброскорости на различных частотах вращения двигателя от 11000-25000об/мин. В требуемом диапазоне 12500-20000об/мин уровень виброскорости и вибрации не превышает предельно-допустимые значения, указанные в ГОСТ 1940-73.

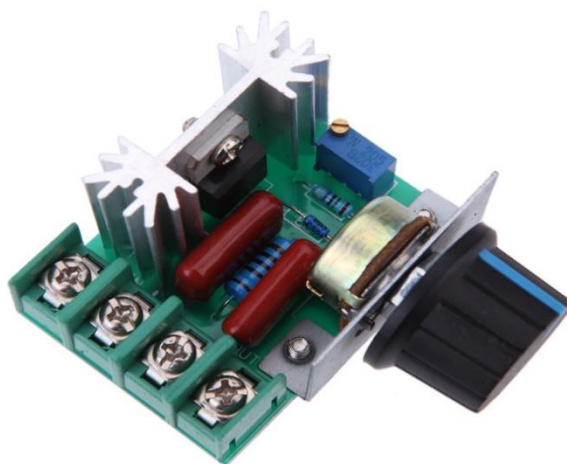


Рис. 42 Регулятор частоты вращения двигателя.

Окончательные измерения виброскорости проводятся на разных частотах вращения с целью определения зависимости уровня вибрации от частоты вращения двигателя.

В стандарте ГОСТ 1940-73 описаны 2 способа закрепления двигателя при измерениях: консольное и жесткое. Для исключения погрешностей измерений двигатель закреплен жестко в тисках станка (Рис.43).

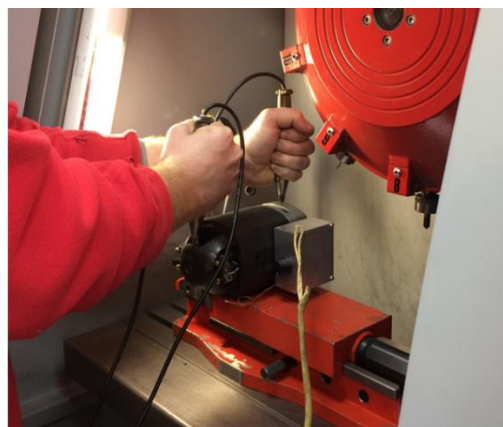


Рис. 43 Измерение вибрации при консольном закреплении

Таблица 8 Результаты измерения вибрации на разных частотах вращения двигателя.

Частота вращения двигателя, об/мин	Уровень виброскорости, v(мм/с)					
	Плоскость 1			Плоскость 2		
	Направление					
	В	П	О	В	П	О
11500-12800	3,4	4,8	2,5	1,6	1,8	2,1
14900-15300	3,9	5,6	2,8	1,5	1,8	2,1
21300-21500	5,9	18,7	7	2,6	4,5	4,4

Так же произведено измерение зависимости уровня вибрации от частоты вращения двигателя (Рис. 44 - 49).

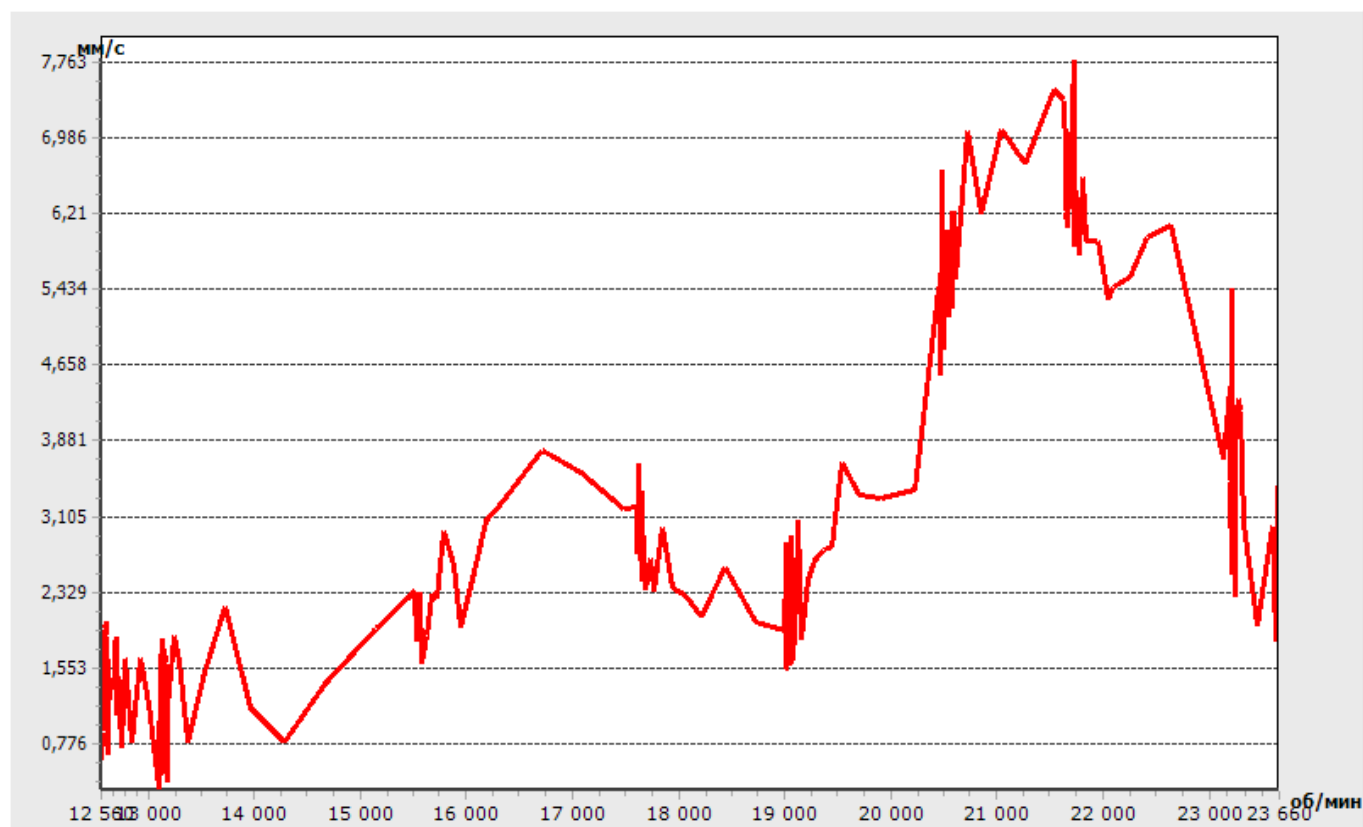


Рис. 44 Зависимость виброскорости от частоты вращения в точке 1В

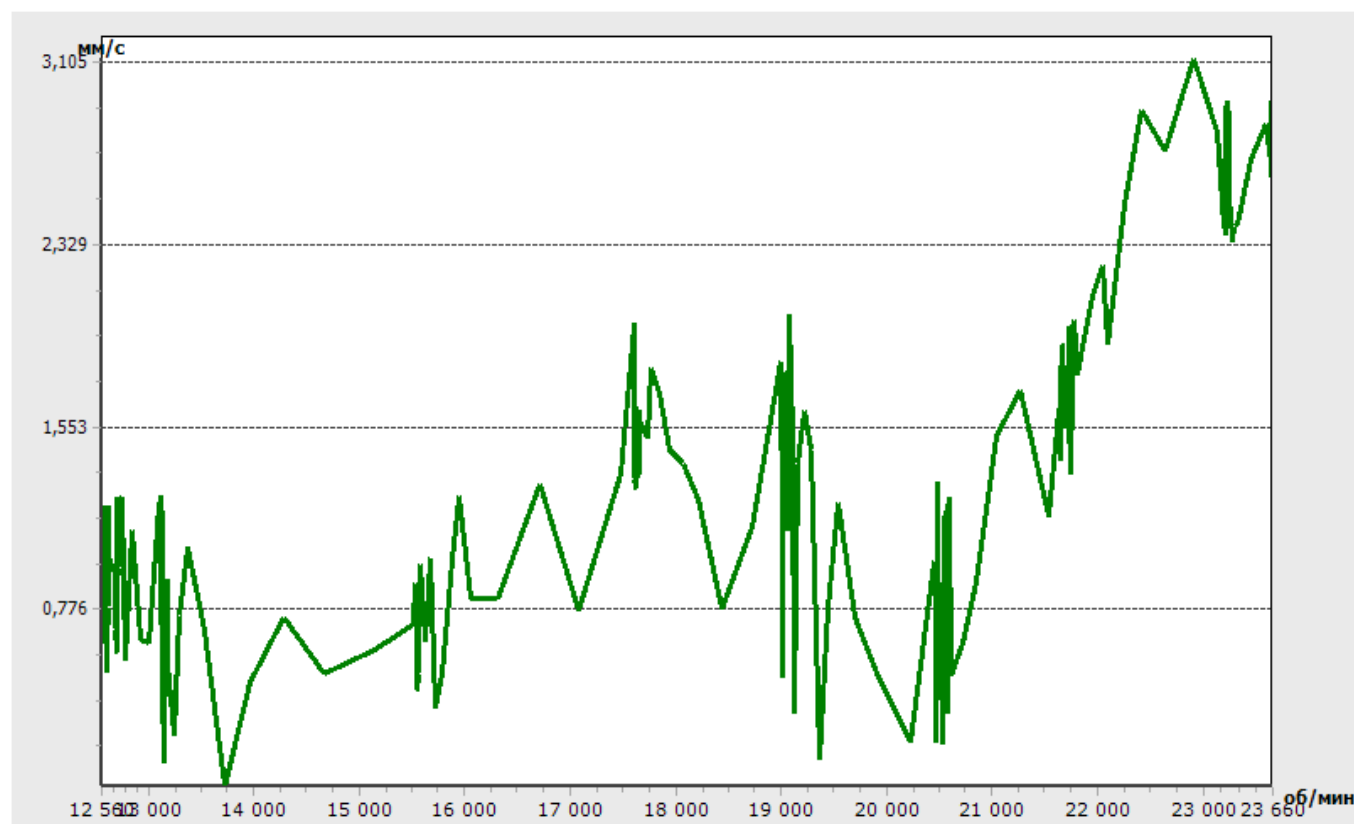


Рис. 45 Зависимость виброскорости от частоты вращения в точке 2В

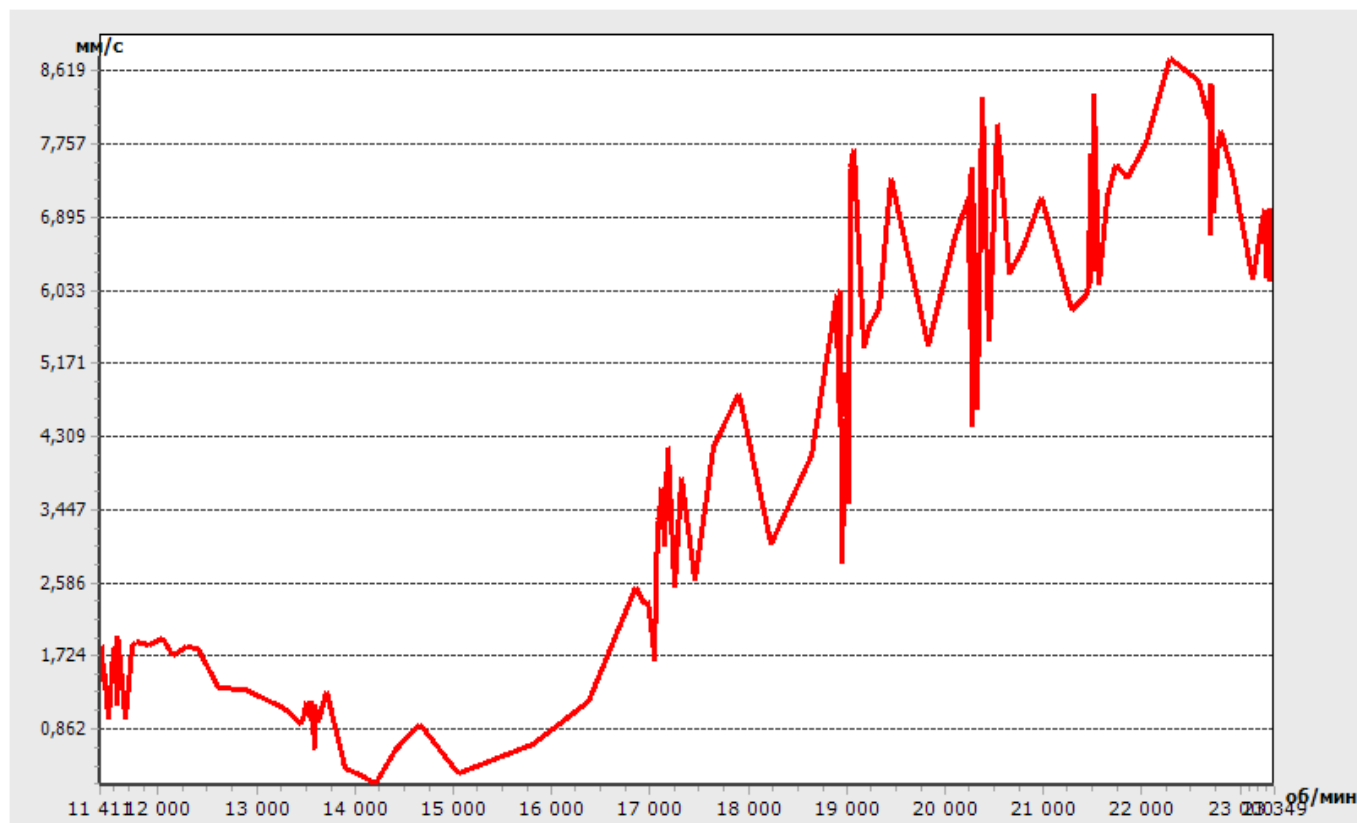


Рис. 46 Зависимость виброскорости от частоты вращения в точке 10

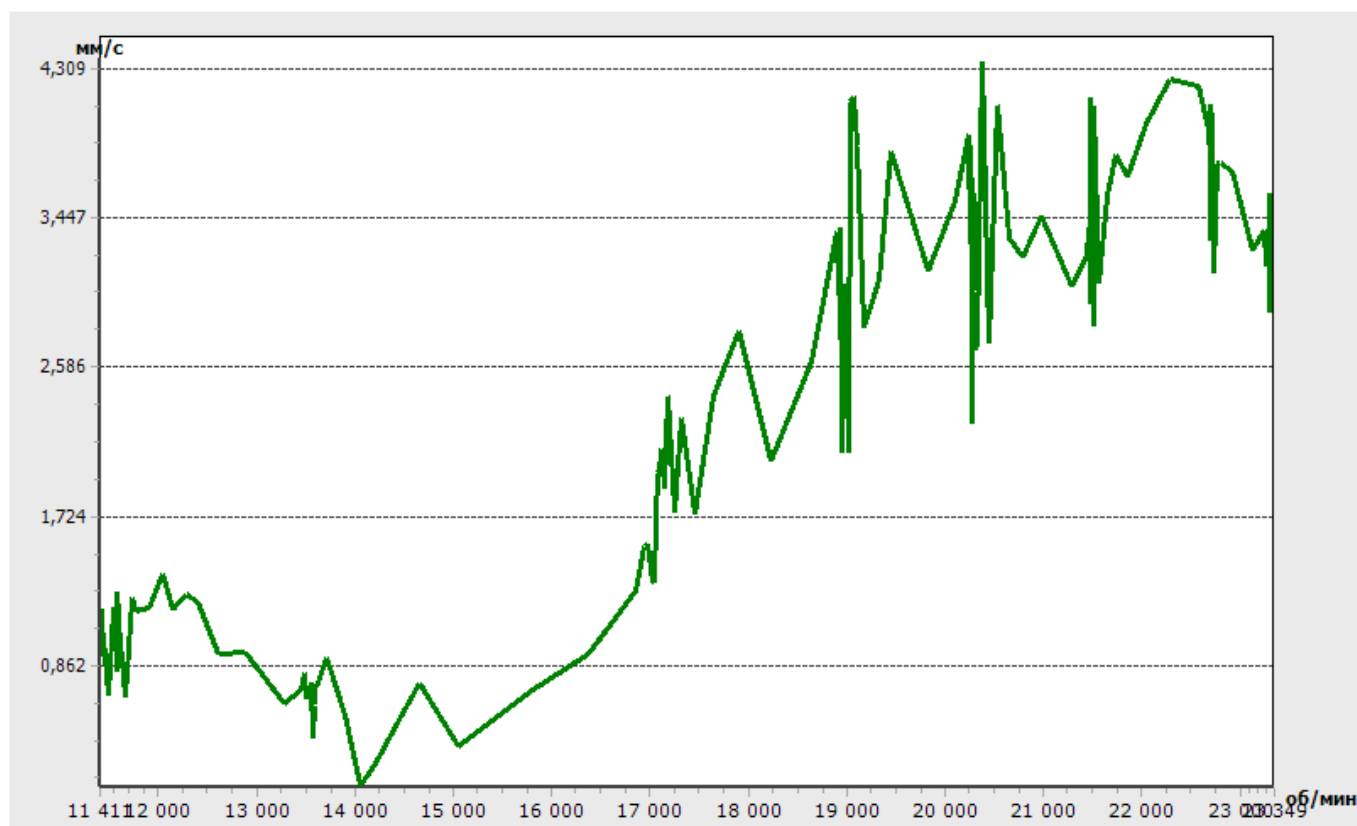


Рис. 47 Зависимость виброскорости от частоты вращения в точке 20

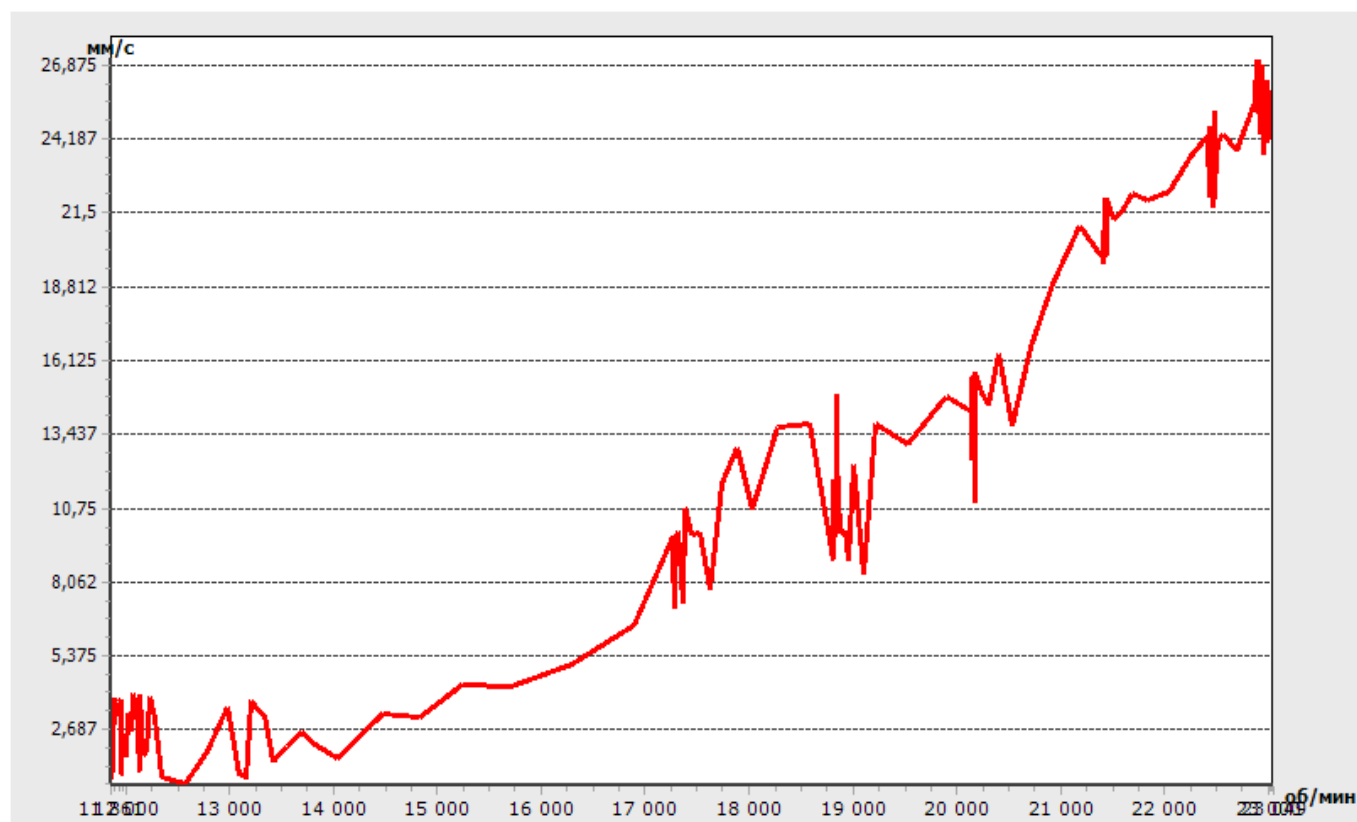


Рис. 48 Зависимость виброскорости от частоты вращения в точке 1П

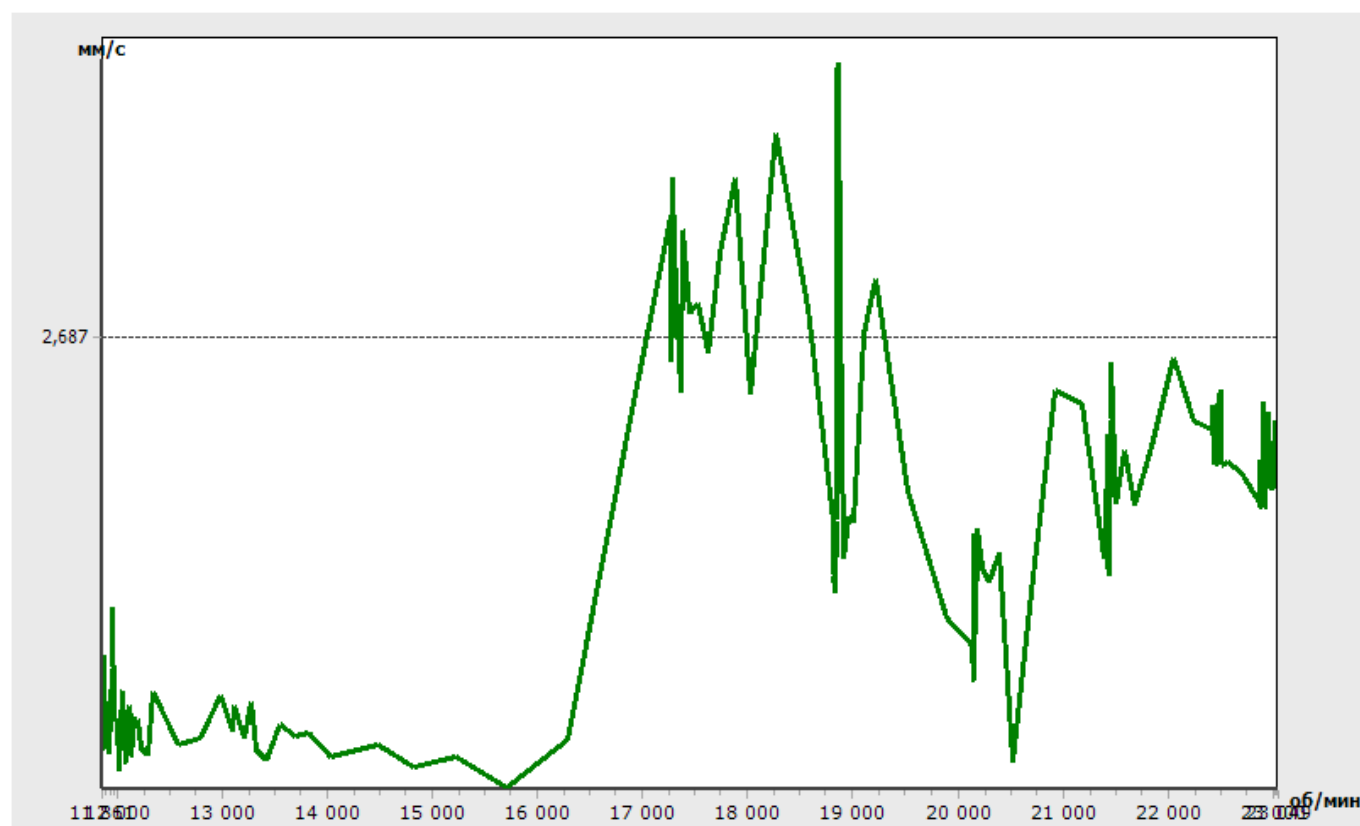


Рис. 49 Зависимость виброскорости от частоты вращения в точке 2П

1.4 Выводы и результаты:

1. Из графиков зависимостей, представленных выше видно, что уровень виброскорости на частотах вращения двигателя в пределах 11000-15000 об/мин не выходит за предельное значение 2,5мм/с, что соответствует классу точности балансировки G6,3 указанному в ГОСТ 1940-73. Однако на частотах от 17000-24000 об/мин в точке измерений 1П уровень виброскорости превышает допустимые значения и растет от 6,5 мм/с на 17000 об/мин до 26,8 мм/с на частоте 24000об/мин. Превышение идет на холостых оборотах, на которых в реальных условиях эксплуатации двигатель работать не будет.
2. При расчете дисбаланса на опорах выявлено, что он на 1-3% выше, чем в плоскостях коррекции, следовательно, это необходимо учитывать при подборе подшипников.
3. В ходе работы произведена двухплоскостная динамическая балансировка ротора электродвигателя, за счет чего удалось снизить уровень дисбаланса ротора с 6,9 гмм/кг в первой плоскости и 3,3 гмм/кг по второй плоскости до 0,6 гмм/кг и 0,9 гмм/кг в первой и второй плоскостях соответственно.
4. Удалось снизить уровень виброскорости электродвигателя в 5 раз, с 28,3мм/с до 5,9мм/с за счет подбора зазоров подшипников и удаления масс в плоскостях коррекции.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Конструкция коллекторного электродвигателя

Коллекторный электродвигатель ДК110-1000-15И1 серийно выпускается предприятием «МИАССЭлектроаппарат» и предназначен для использования в приводах зернодробилок и других механизмов.

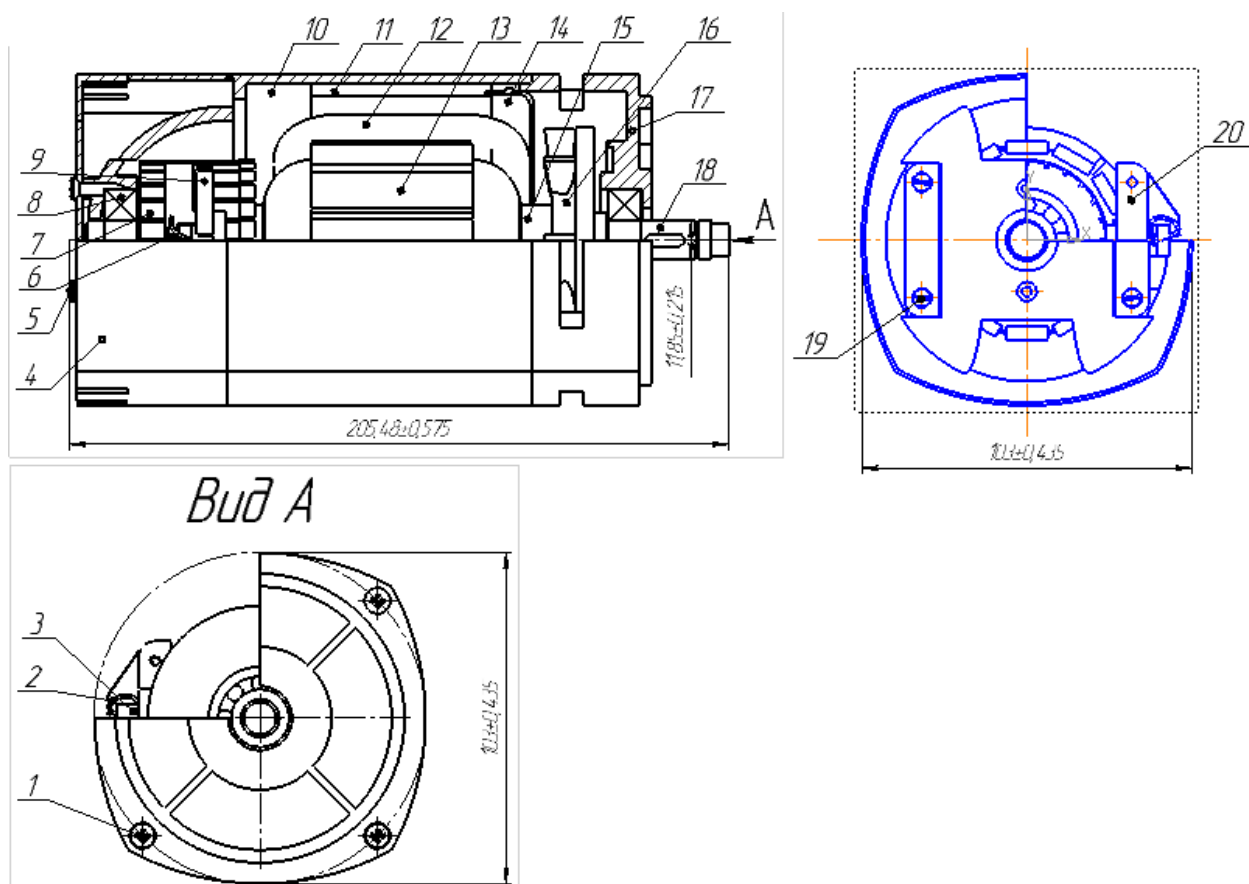


Рисунок 50 Конструкция двигателя

В корпус 10 устанавливается статор 11, состоящий из сердечника и обмоток 12. Затем устанавливается крышка статора 14.

К корпусу 10 винтами 19 прикручиваются направляющие для щеток 20 на которые устанавливают щетки 3 и спиральные пружины 9 для их прижима к коллектору, затем в корпус 10 устанавливается якорь 13. Якорь состоит из вала 18 с запрессованной на нем втулкой 15, на которую в свою очередь запрессован коллектор 7, обмотка якоря, вентилятор 16 и подшипники 8. После установки якоря на место двигатель закрывают подшипниковым щитом 17, который крепится к корпусу саморезами 1.

2.2 Проектирование технологии сборки электродвигателя

Разработка технологической схемы сборки

Последовательность общей сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями и принятыми способами достижения требуемой точности, а поэтому не может быть произвольной. На этом этапе важно уметь правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются независимостью и законченностью сборки, а при транспортировке по рабочим местам сборка не должна распадаться на отдельные детали.

2.3. Разработка маршрутного технологического процесса сборки и его нормирование

Составим технологическую схему сборки двигателя, маршрут технологического процесса приведен в таблице 1.

Таблица 11 – маршрут технологического процесса.

№ опер.	Наименование операции	Содержание операции
005	Сборка статора (1Сб.11)	1. Закрепить сердечник. 2. Установить обмотку статора 12. 3. Закрепить корпус 10. 4. Установить статор в корпус. 5. Установить крышку статора 14.
010	Сборка щеточного узла (1Сб.20)	1. На направляющие щетки 20 закрепить спиральные пружины 9. 2. На направляющие щетки 20 закрепить щетки 3 при помощи клемм 2. 3. Закрепить щеточный узел к корпусу винтами 19.
015	Сборка якоря (1Сб.13)	1. На вал 18 напрессовать втулку 15. 2. На втулку 15 напрессовать коллектор 7. 3. Напрессовать подшипники 8 на вал. 4. Напрессовать вентилятор 16 на втулку

		ку 15. 5. Произвести балансировку якоря.
Продолжение таблицы 11		
020	Установка якоря	1. Установить якорь в корпус двигателя 10. 2. Закрыть корпус крышкой корпуса 4 при помощи саморезов 5
025	Установка подшипникового щита 17	1. Подшипниковый щит 17 свинтить с корпусом 10 саморезами 1.
030	Контрольная	Проверить надежность сборки и работоспособность электродвигателя.

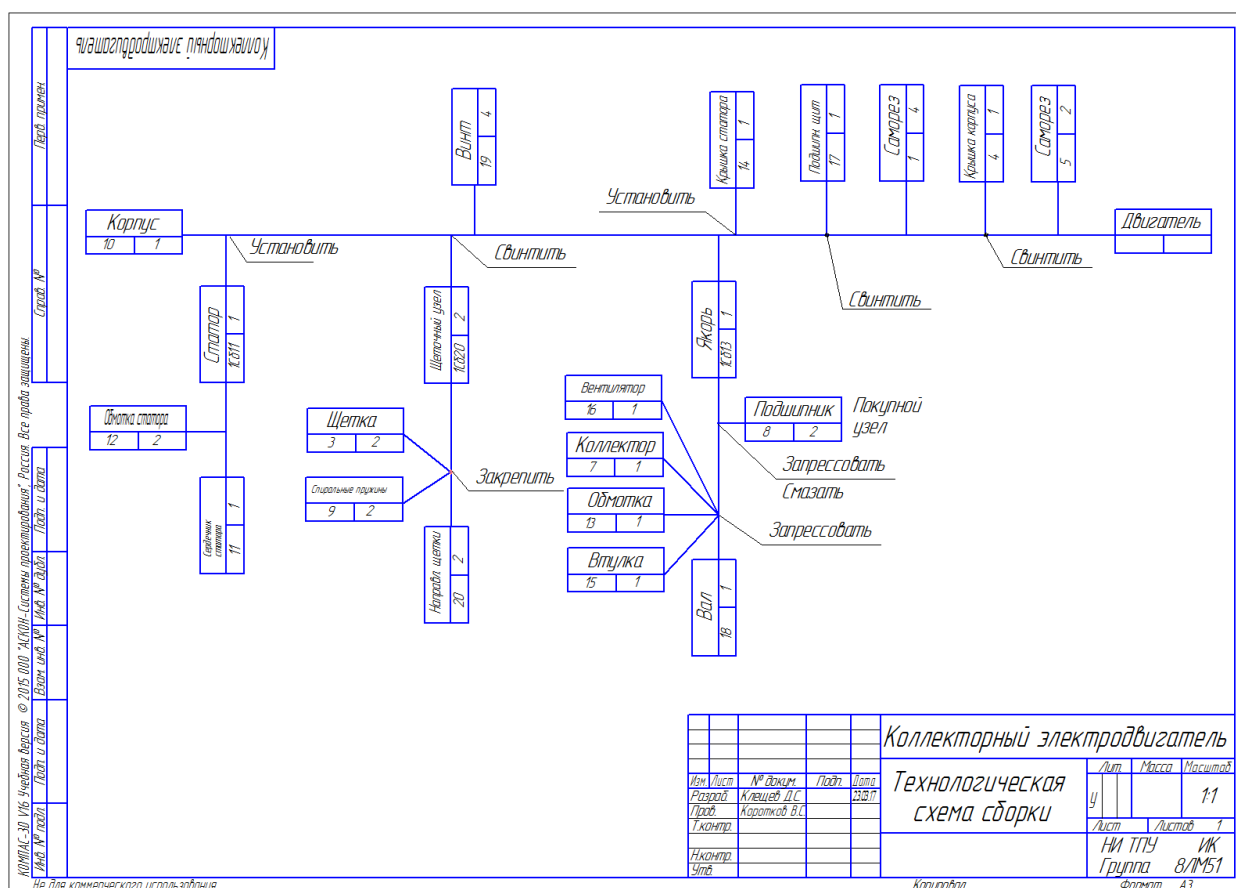


Рис.52. Технологическая схема сборки коллекторного электродвигателя

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 005– «Сборка статора (1Сб.11)». Операция выполняется в условиях серийного производства.

1. Закрепить сердечник; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,50$ мин.
 2. Установить обмотку статора 12; Расчетное оперативное время $t_2 = 6,1$ мин.
 3. Закрепить корпус 10; Расчетное оперативное время $t_3 = 0,50$ мин.
 4. Установить статор в корпус; Расчетное оперативное время $t_4 = 1,0$ мин
 5. Установить крышку статора; Расчетное оперативное время $t_5 = 0,5$ мин
- Суммарное оперативное время на операцию:

$$\sum T_{оп005} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 8,6 \text{ мин}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 010 – «Сборка щеточного узла (1Сб.20)». Операция выполняется в условиях серийного производства

1. На направляющие щетки 20 закрепить спираль 9; Расчетное оперативное время $t_1 = 1,5$ мин.
2. На направляющие щетки 20 закрепить щетки 3 при помощи клемм 2; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,5$ мин.
3. Закрепить щеточный узел к корпусу винтами 19; Расчетное оперативное время $t_3 = 1,0$ мин.

Суммарное оперативное время на операцию:

$$\sum T_{оп010} = t_1 + t_2 + t_3 = 3,0 \text{ мин}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 015 – «Сборка якоря (1Сб.13)». Операция выполняется в условиях серийного производства.

1. На вал 18 напрессовать втулку 15; Расчетное оперативное время $t_1 = 5$ мин.
2. На втулку 15 напрессовать коллектор 7; Расчетное оперативное время $t_2 = 7$ мин.
3. Напрессовать подшипники 8 на вал; Расчетное оперативное время $t_3 = 3$ мин.
4. Запрессовать вентилятор 16 на вал 18; Расчетное оперативное время $t_4 = 1,5$ мин.
5. Произвести балансировку якоря; Расчетное оперативное время $t_5 = 10$ мин.

Суммарное оперативное время на операцию:

$$\sum T_{\text{оп015}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 26,5 \text{ мин}$$

3. Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 020 – «Установка якоря». Операция выполняется в условиях серийного производства. Установить якорь в корпус двигателя 10.

Заккрыть корпус крышкой корпуса 4 при помощи саморезов 5

1. Установить якорь в корпус двигателя 10; Расчетное оперативное время $t_1 = 1$ мин.
2. Заккрыть корпус крышкой корпуса 4 при помощи саморезов 5; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,5$ мин.

Суммарное оперативное время на операцию:

$$\sum T_{\text{оп020}} = t_1 + t_2 = 1,5 \text{ мин}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 025 – «Установка подшипникового щита 17». Операция выполняется в условиях серийного производства.

1. Подшипниковый щит 17 свинтить с корпусом 10 саморезами 1; Расчетное оперативное время $t_3 = 1,5$ мин

Суммарное оперативное время на операцию:

$$\sum T_{\text{оп025}} = t_1 = 1,5 \text{ мин}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 030 – «Контрольная». Операция выполняется в условиях серийного производства

1. Проверить надежность сборки и работоспособность электродвигателя; Расчетное оперативное время $t_1 = 5$ мин

Суммарное оперативное время на операцию:

$$\sum T_{\text{оп030}} = t_1 = 5 \text{ мин}$$

Суммарное оперативное время сборки электродвигателя:

$$\begin{aligned} \sum T_{\text{оп}} &= T_{\text{оп005}} + T_{\text{оп010}} + T_{\text{оп015}} + T_{\text{оп020}} + T_{\text{оп025}} + T_{\text{оп030}} \\ &= 8,6 + 3 + 26,5 + 1,5 + 1,5 + 5 = 46,1 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Расчет нормы штучно калькуляционного времени в условиях среднесерийного производства производим по формуле:

$$T_{шк} = \sum T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100}\right) * K_1 K_2$$

где $\alpha_{пз}$, $\alpha_{об}$, $\alpha_{отл}$ – проценты соответственно подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места и времени на отдых и личные потребности от оперативного времени; K_1 , K_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие особенности выполнения операции. Принимаем: $\alpha_{пз}=2\%$; $\alpha_{об}=3,5\%$; $\alpha_{отл}=6\%$; $K_1=1$ (отношение планируемого выпуска изделий в месяц к нормативному); $K_2=1$.

$$T_{шк} = 46,1 * \left(1 + \frac{2+3,5+6}{100}\right) = 51,40 \text{ мин.}$$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Клещев Д.С.

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	«Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении»

Тема дипломной работы: Исследование неуравновешенности якоря коллекторного электродвигателя.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

- . Целью данной работы является динамическая балансировка ротора электродвигателя.
- . Описание рабочего места на предмет возникновения:
вредных проявлений факторов производственной среды
(для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, , которые могут образовываться в процессе работы установки, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от силового блока плазмореактора, вентиляции, обеспечить безопасные значения электромагнитных полей от силового блока плазмореактора);
опасных проявлений факторов производственной среды
(в связи с использованием электричество для работы балансировочных станко, виброизмерительной аппаратуры и освещенность, необходимо защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);
- необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от от силового блока плазмореактора, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;
- необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- . Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
а) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);
б) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
в) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;
приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
предлагаемые средства защиты
(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
- . Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности
а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);перечисляются СКЗ и СИЗ;

б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).

. Охрана окружающей среды:
организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации, образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).

. Защита в чрезвычайных ситуациях:
а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия
разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;
разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;
разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:
специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);

Перечень графического материала:
1) Пути эвакуации
2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Клещев Д.С.		

3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрена методика балансировки ротора коллекторного электродвигателя.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

3.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В лаборатории, где находятся различные электроустановки, магнетрон, а также используется смазка, могут быть следующие вредные факторы: наличие а) не комфортных метеоусловий; б) производственного шума; в) недостаточной освещенности; г) электромагнитного излучения;

3.1.1 Метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замед-

ляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 12 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

3.1.2 Производственный шум

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации, не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в

местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

3.1.3 Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на

должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота $= 3,5$ м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2300$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

$$\Phi_{\text{рас}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,47} = 2212 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2212}{2300} \cdot 100\% = 3,8\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 3,8\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

3.1.4 Электромагнитные поля

В установке используются магнетронные генераторы при помощи которых происходит подвод СВЧ-энергии к различным частям установки. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей сверхвысоких частот на организм человека.

Эффект воздействия СВЧ электромагнитного поля на биологические объекты в известной степени определяется количеством проникающей в них и поглощаемой ими электромагнитной энергии. Значительная часть энергии микроволн поглощается тканями организма и превращается в тепло, что объясняют возникновением колебания ионов и дипольных молекул воды, содержащихся в тканях. Наиболее эффективное поглощение микроволн отмечается в тканях с большим содержанием воды: кровь, тканевая жидкость, слизистая желудка, кишок, хрусталик глаза и др. Нагрев тканей в СВЧ-поле является наиболее простым и очевидным эффектом действия микроволн на организм человека. Положение максимума температуры, его удаление от поверхности тела зависит от проводимости среды, а, следовательно, и от частоты радиоволны, действующей на ткань: с увеличением частоты (укорочением волны) максимум температуры приближается к поверхности. Длительное и систематическое воздействие на организм СВЧ-излучения вызывает повышенную утомляемость, периодически появляющуюся головную боль, сонливость или нарушение сна, повышение артериального давления и боли в области сердца. Под воздействием электромагнитных полей сверхвысоких частот наблюдаются изменения в крови, увеличение щитовидной железы, катаракта глаз, а у отдельных лиц — изменения в психической сфере (неустойчивые настроения, ипохондрические реакции) и трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей).

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

В диапазоне СВЧ = 300...300000 МГц допустимая плотность потока мощности (ППМ_{доп}) при времени облучения ($\tau_{\text{облуч.}}$) в течение всего рабочего дня составляет 10 мкВт/см², при $\tau_{\text{облуч.}}$, равном 2 ч- 100 мкВт/см² и при $\tau_{\text{облуч.}}$, равном 15...20 мин, - 1000 мкВт/см² (при обязательном использовании защитных очков!). В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см². Для лиц, профессионально не связанных с облучением, и для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;

СИЗ

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя

- Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
- Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

3.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

3.2.1 Факторы электрической природы

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с

присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Лаборатория относится к помещению с особой опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением выше 1000 В являются изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ (площадки, изолирующие звенья телескопических вышек и пр.).

Работать со штангой разрешается только специально обученному персоналу в присутствии лица, контролирующего действия работающего. При операциях с изолирующей штангой необходимо пользоваться дополнительными изолирующими защитными средствами — диэлектрическими перчатками и изолирующими основаниями (подставками, ковриками) или диэлектрическими ботами.

Изолирующие клещи применяют в электроустановках до 35 кВ для операций под напряжением с плавкими вставками трубчатых предохранителей, а также для надевания и снятия изолирующих колпаков на ножи однополюсных разъединителей.

При пользовании изолирующими клещами оператор должен надевать диэлектрические перчатки и быть изолированным от пола или грунта; при смене

патронов трубчатых предохранителей он должен быть в очках. Клещи нужно держать в вытянутых руках.

Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках. К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

Освобождение пострадавшего от действия тока напряжением свыше 1000 В может быть произведено только одним способом. Это отключение соответствующей части электрической установки специально обученными людьми. Пострадавшему следует оказать посильную доврачебную помощь.

3.2.2 Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_{n1} , B_{n2} , B_{n3} , B_{n4} , B_{n5} , B_{n6} , B_{n7} , B_{n8} , B_{n9} , B_{n10} , B_{n11} , B_{n12} , B_{n13} , B_{n14} , B_{n15} , B_{n16} , B_{n17} , B_{n18} , B_{n19} , B_{n20} , B_{n21} , B_{n22} , B_{n23} , B_{n24} , B_{n25} , B_{n26} , B_{n27} , B_{n28} , B_{n29} , B_{n30} , B_{n31} , B_{n32} , B_{n33} , B_{n34} , B_{n35} , B_{n36} , B_{n37} , B_{n38} , B_{n39} , B_{n40} , B_{n41} , B_{n42} , B_{n43} , B_{n44} , B_{n45} , B_{n46} , B_{n47} , B_{n48} , B_{n49} , B_{n50} , B_{n51} , B_{n52} , B_{n53} , B_{n54} , B_{n55} , B_{n56} , B_{n57} , B_{n58} , B_{n59} , B_{n60} , B_{n61} , B_{n62} , B_{n63} , B_{n64} , B_{n65} , B_{n66} , B_{n67} , B_{n68} , B_{n69} , B_{n70} , B_{n71} , B_{n72} , B_{n73} , B_{n74} , B_{n75} , B_{n76} , B_{n77} , B_{n78} , B_{n79} , B_{n80} , B_{n81} , B_{n82} , B_{n83} , B_{n84} , B_{n85} , B_{n86} , B_{n87} , B_{n88} , B_{n89} , B_{n90} , B_{n91} , B_{n92} , B_{n93} , B_{n94} , B_{n95} , B_{n96} , B_{n97} , B_{n98} , B_{n99} , B_{n100} .

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории Д - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые ог-

нетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (Рис.51).

План эвакуации из лаборатории

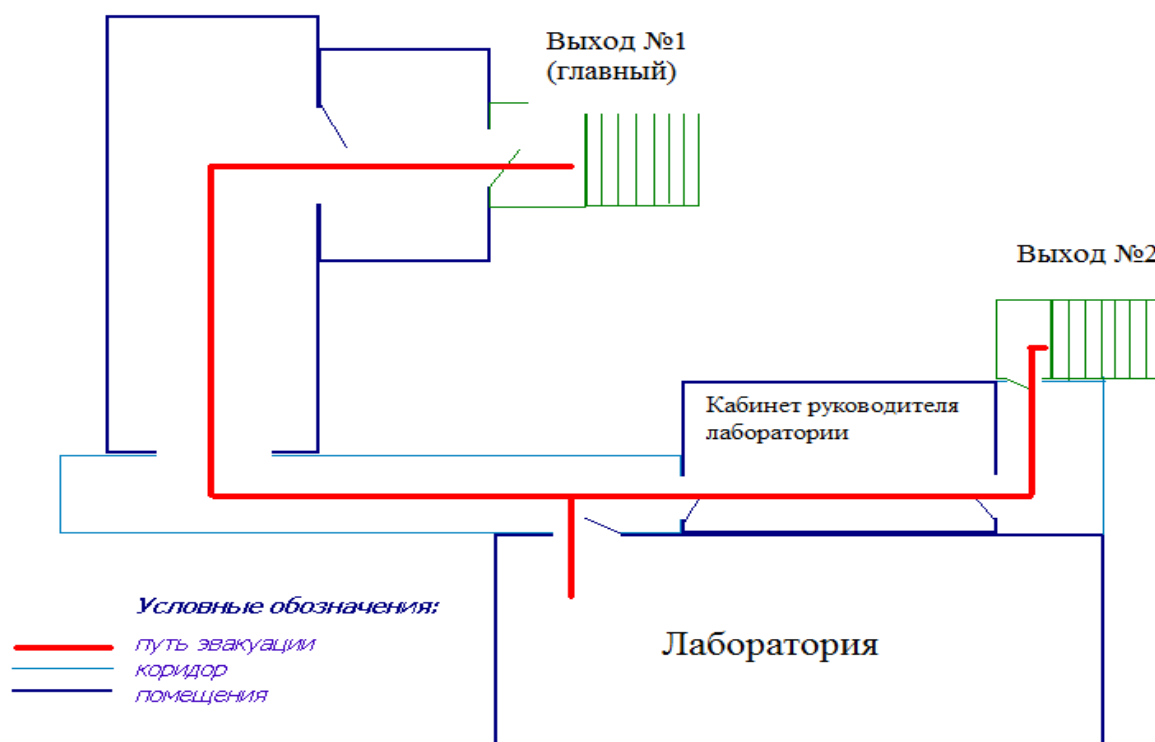


Рис. 54 Пути эвакуации.

3.3 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в лаборатории необходимо осуществлять сбор в специальные емкости.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

3.4 Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

3.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГОСТ 12.4.154-85 "ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты"
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие, для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры
16. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

Графические материалы

- 1) План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами
- 2) Пути эвакуации

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ- РЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Клещев Даниил Сергеевич

Институт	кибернетики	Кафедра	ТМНР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на материально-технические ресурсы рассчитать исходя из среднерыночной стоимости ресурсов; затраты на электроэнергию – по мощности и затраченному времени; затраты на человеческие ресурсы – по тарифным ставкам и отработанному времени.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы и нормативы расходования ресурсов принять исходя из установившихся технологических норм предприятия.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Использовать традиционную систему налогообложения, исходя из действующих налоговых ставок.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	В качестве критерия экономической эффективности рассмотреть и принять оценку научно-технического уровня НИ.
2. Разработка устава научно-технического проекта	В работе осуществляется балансировка коллекторного электродвигателя и исследование виброактивности его якоря.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составлена иерархическая структура проведения работ, выполнен расчет бюджета проекта.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, использовать метод балльных оценок.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Проект содержит 13, в том числе:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Календарный график-план проведения НИОКР
5. Расчет затрат на разработку проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Клещев Д. С.		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Машиностроение – это материалоемкое производство, где используют все известные материалы, но наибольший удельный вес занимают металлы. Свыше 60% затрат на производство продукции составляют материалы, покупные и комплектующие изделия и около 30% составляют затраты на оплату труда. Машиностроение относится также к энергоемким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего, что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Выполнение предпроектного анализа;
- Разработка общей экономической идеи проекта;
- Организация работ по проекту;
- Планирование работ по проекту;
- Определение экономической эффективности проекта.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

4.1 Предпроектный анализ

На стадии предпроектного анализа будут определены основные показатели заинтересованности инвесторов и участников проекта. Данная часть не является обязательной, с точки зрения законодательства, однако позволяет выполнить предварительный анализ рисков. Для осуществления предпроектного анализа, воспользуемся упрощенной схемой, рассмотрев только потенциальных потребителей результатов исследования, проанализировав конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также произведем оценку готовности проекта к коммерциализации и выберем методы коммерциализации результатов.

Целью данной научно-исследовательской работы является выполнить динамическую балансировку электродвигателя, который используется в ручной машине электробур. Это необходимо для улучшения эксплуатационных качеств машины, увеличения ее надежности и долговечности, а также для снижения влияния вибрации на оператора.

Ручные машины данного предназначения существуют в нескольких модификациях. Это электрические, бензиновые, механические, а также установки для тракторов и автомобилей с гидравлическим приводом на рабочий орган.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4.1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Конкурент 1 – Бензобур STIHL.

Конкурент 2 – механический бур Fiskars.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

Таблица 13 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
3. Помехоустойчивость	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2

Продолжение таблицы 13

4. Энергоэкономичность	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
5. Надежность	0,07	4	4	5	0,28	0,28	0,3
6. Уровень шума	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
7. Безопасность	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
10. Простота эксплуатации	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	5	3	0,2	0,2	0,12
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	1	1	1	0,07	0,07	0,07
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность про- дукта	0,06	5	5	4	0,3	0,3	0,24
2. Уровень проникновения на ры- нок	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
3. Цена	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
4. Предполагаемый срок эксплуа- тации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	1	0,25	0,25	0,05
6. Финансирование научной раз- работки	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
7. Срок выхода на рынок	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
8. Наличие сертификации разраб.	0,05	3	5	4	0,15	0,2	0,2
Итого	1	84	85	81	4,13	4,12	3,93

Из таблицы 13 видно, что ручная машина электробур имеет ряд преимуществ таких как: повышенная производительность, простота эксплуатации, надежность.

4.3 SWOT-анализ проекта

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны) С1. Высокая технологичность и производительность бурения отверстий электробуром. С2. Возможность регулировать частоту вращения рабочего органа для эффективной работы. С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган. С4. Легкость конструкции.	Weaknesses (слабые стороны) Сл1. Для работы требуется наличие электричества. Сл2. Для работы в местах без электроэнергии необходим переносной генератор. Сл3. Длина питающего кабеля. Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя
Opportunities (возможности) В1. Заинтересованность сельского хозяйства и малых строительных организаций. В2. Возможность быстрого ремонта и замены вышедших из строя деталей.	Threats (угрозы) У1. Появление новых более технологичных машин. У2. Отсутствие спроса.

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть со-

мнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблице 15, 16, 17 и 18.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	+
	B2	-	-	+	+

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	-	-
	B2	+	-	+	+

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	-	+
	У2	-	-	+	-

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	-	-	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 19.

Таблица 19 – Итоговая матрица SWOT

	Strengths (сильные стороны) С1. Высокая технологичность и производительность бурения отверстий электробуром. С2. Возможность регулировать частоту вращения рабочего органа для эффективной работы. С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган. С4. Легкость конструкции.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Для работы требуется наличие электричества. Сл2. Для работы в местах без электроэнергии необходим переносной генератор. Сл3. Длина питающего кабеля. Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя
Возможности: В1. Заинтересованность сельского хозяйства и малых строительных организаций. В2. Возможность быстрого ремонта и замены вышедших из строя деталей.	В1В2С3С4 В1С1С3С4 В2С3С4	В2Сл1Сл3Сл4
Угрозы: У1. Появление новых более технологичных машин. У2. Отсутствие спроса.	У1С1С2С4	У1Сл1Сл2Сл3 У1У2Сл1

4.4 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, влияя на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

4.4.1 Цели и результат проекта

Реализация любого проекта преследует какую-либо определенную цель. Неправильно определенные цели и задачи, или цели без задач, приводят к тому, что в процессе реализации проекта возникают перерасход средств, конфликты между членами проектной команды, несоблюдение контрольных промежуточных пунктов и, как следствие, недовольство доноров проекта. Цель в большей степени представляет собой декларацию о намерениях, из которой должно быть ясно, в чем состоит важность проекта для общества.

Таблица 20 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Мелкие строительные компании, сельское хозяйство	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получение надежной и долговечной технической единицы. 2. Удобство эксплуатации.

Таблица 21 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследовать виброактивности якоря коллекторного двигателя. 2. Произвести балансировку электродвигателя.
Ожидаемые результаты проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение виброактивности двигателя. 2. Повышение надежности и долговечности подшипниковых узлов.
Требования к результату проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость проекта должна быть сопоставима по сравнению с аналогами, а в лучшем случае быть меньшей.

4.4.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Таблица 22 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Коротков В.С., НИ ТПУ, доцент ТМСПР	Руководитель проекта	Консультирование по методике проведения экспериментов и измерениям	129
2.	Клещев Д.С., НИ ТПУ, магистрант	Исполнитель по проекту	1. Проведение экспериментов 3. Выполнение расчетов	2163
ИТОГО:				2292

4.4.3 Ограничения и допущения

Таблица 23 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	296176,474 руб.
Источник финансирования	Кафедра ТМСПР
Сроки проекта	20.01.2016 – 31.05.2017
Дата утверждения плана управления проектом	18.02.2016
Дата завершения проекта	20.06.2017
Прочие ограничения и допущения	-

4.5 План проекта








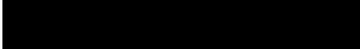




В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в таблице 24.

Таблица 24 Линейный график проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач, выдача исходных данных	2	20.01.2016	22.01.2016	Коротков В.С.
2	Составление и утверждение ТЗ	5	25.01.2016	30.01.2016	Коротков В.С.
3	Подбор и изучение материалов по тематике	60	2.02.2016	2.04.2016	Клещев Д.С.
4	Разработка календарного плана	2	3.04.2016	5.04.2016	Коротков В.С.
5	Обсуждение литературы	7	7.04.2016	14.04.2016	Коротков В.С., Клещев Д.С.
6	Исследование виброактивности	46	17.04.2016	2.06.2016	Клещев Д.С.
7	Проведение балансировки	122	10.06.2016	10.10.2016	Клещев Д.С.
8	Анализ результатов исследования	13	12.10.2016	25.12.2016	Клещев Д.С.
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	90	20.01.2017	20.04.2017	Клещев Д.С.
10	Оформление графического материала	26	24.04.2017	20.05.2017	Клещев Д.С.
11	Подведение итогов	11	20.05.2017	31.05.2017	Коротков В.С.
Итого		384	20.01.2016	31.05.2017	

Таблица 25 – Календарный план-график проведения НИОКР

КК од ра- бо- ты	Вид работы	Исполни- тель	ТТ , ка л.д ни	Продолжительность выполнения работ																
				янв .	ффе в.	ммар т	аапр .	мма й	ииюн ь	ииюл ь	Аав г.	Осе нт	нокт. .	дно яб.	ядек .	фян в.	Мфе вр	ама р.	мап р	имай
11	Постановка целей и задач, выдача исходных данных	Коротков В.С.	2																	
12	Составление и утверждение ТЗ	Коротков В.С.	2																	
33	Подбор и изучение материалов по тематике	Клещев Д.С.	42																	
44	Разработка календарного плана	Коротков В.С.	48																	
55	Обсуждение литературы	Коротков В.С., Клещев Д.С.	26				 													
66	Исследование виброактивности	Клещев Д.С.	24																	
77	Проведение балансировки	Клещев Д.С.	14																	
88	Анализ результатов исследования	Клещев Д.С.	13 6																	
99	Оформление расчетно-пояснительной записки	Клещев Д.С.	62																	
110	Оформление графического материала	Клещев Д.С.	60																	
111	Подведение итогов	Коротков В.С.	37																	



- руководитель



- исполнитель

4.6 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- отчисления на страховые взносы;
- расходы на электроэнергию.

4.6.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 26.

Таблица 27 – Расходные материалы

Наименование материа- лов	Цена за единицу, руб.	Количество	Сумма, руб.
Подшипник FAG 6201.2zr	225 руб./шт	2	450 руб.
Итого:			450 руб.

Расходы на материалы составили:

$$C_{\text{мат}} = 450 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы составляют примерно 3 - 5% от затрат на материалы.

$$\text{Таким образом, } C_{\text{тр}} = 450 \cdot 0,05 = 22,5 \text{ руб.}$$

4.6.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дни.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{д}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб;

M – количество месяцев работы без отпуска в течении года: при отпуске в 48 рабочих дней $M=10,4$, 6 –дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дни.

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице

3.10. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 28. Также был принят во внимание премиальный коэффициент $k_{\text{пр}} = 0,3$, коэффициент доплат и надбавок, а также $k_{\text{д}} = 0,2$ районный коэффициент $k_{\text{р}} = 1,3$.

Таблица 28 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	З _б , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
НР (доцент со степенью)	23264,86	0,3	0,2	1,3	45366,48	2160,31	44	95053,64
И (ассистент)	14584,32	0,3	0,2	1,3	21876,48	1041,74	113	111716,62

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили:

$$C_{зп} = 95053,64 + 111716,62 = 206770,26 \text{ руб.}$$

4.6.3 Расчет затрат на социальные нужды

Затраты включают в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{осн},$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

Отчисления из заработной платы составили:

$$C_{соц} = 0,3 \cdot 206770,26 = 62031,08 \text{ руб.}$$

4.6.4 Расчет прочих расходов

В статье отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч} = (450 + 206770,26 + 62031,08) \cdot 0,1 = 26925,134 \text{ руб.}$$

4.6.5 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет сметы затрат на разработку, можно определить общую стоимость разработки проекта.

Таблица 29 – Расчет затрат на разработку проекта

Статья затрат	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	450
Основная заработная плата	206770,26
Отчисления на социальные нужды	62031,08
Прочие расходы	26925,134
Итого:	296176,474

Таким образом, расходы на разработку составили $C = 296176,474$ руб. При расчете цены принята нулевая рентабельность разработки.

4.7 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

1) Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

2) Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p,$$

где I_a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i-го параметра для аналога (механический бур, бензобур) и разработки (электробур), устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5	4
3. Помехоустойчивость	0,16	4	5
4. Энергосбережение	0,20	4	4
5. Надежность	0,28	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1,29	24	24

$$I_{\text{ТП}} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,16 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,28 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 5,66$$

$$I_{\text{Аналог}} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,16 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,28 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 5,57$$

3) Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где Эср – сравнительная эффективность проекта;

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки.

№№ пп/п	Показатели	Аналог	Разработка
11	Интегральный финансовый показатель разработки	1,02	0,83
22	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,45	4,4
33	Интегральный показатель эффективности	2,96	5,06
44	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,7	

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах, т.к. значение меньше единицы, но больше нуля.

При сравнении значений интегральных показателей эффективности разработки и аналога, можно сказать, что более эффективным решением является применение ручной машины электробур с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюнин А.И. Исследование движения ротора с автобалансиром. Известия Вузов. Машиностроение. 1993. 1. - С. 15-19.
2. Балансировка машин и приборов; Под ред. В.А. Щепетильникова. - М., 1979. - 294 с.
3. Васильев В.С., Кутко П.С. Станки и приборы для динамической балансировки/ - М., 1959. -168 с.
4. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин: - 2-е изд. исправл. - М., 2000. - 344 с.
5. Гусаров А.А., Сусанин, Л.Н. Шаталов, Автоматическая балансировка роторов машин - М., 1979, 151 с.
6. Ивович В.А., Онищенко В.Я. Защита от вибрации в машиностроении/- М., 1990. - 272 с.
7. Кельзон А.С., Циманский Ю.П., Яковлев В.И. Динамика роторов в упругих опорах - М., 1982. - 280 с.
8. Левит М.Е., Рыженков В.М. Балансировка деталей и узлов. - М., 1986. - 248 с.
9. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов. Справочное пособие. М., 1968.
10. Справочник по балансировке / М.Е. Левит, Ю.А. Агафонов, Л.Д. Вайнгортин и др.; Под общ. ред. М.Е. Левита. - М., 1992. - 464 с.
11. Шарлаимов В.И. Динамика машин. - Комсомольск-на-Амуре, 2001. - 214 с.
12. Суслов А.Г. Технология машиностроения: Учебник для студ. маш. специальностей вузов. М.: Машиностроение. 2004. —400 с.
13. Замятин В.К. Технология и автоматизация сборки. —М.: Машиностроение. 1993. —464 с.
14. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980. - 592 с.
15. Аверченков В.И. и др. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения. Учебн. пособ. М.: Машиностроение, 1988.
16. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Серийное производство. М.: НИИ Труда, 1976. - 155 с.
17. ГОСТ 23887-79. Сборка. Термины и определения.
18. ГОСТ 3.1703-79. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

SUMMARY

Keywords: balancing, collector electric motor, anchor, vibration, imbalance, vibration activity, vibration speed, vibration movement, manual electro drill machine

In the paper, the research of vibration activity of the collector electric motor is presented. Theoretical bases of rotor balancing, the technique of their balancing and also the cause of vibration are spotlighted. Within the research the work on balancing of a DK110-1000-15I1 collector electric motor anchor with use of the balancing and diagnostic equipment of DIAMEX has been carried out. Conclusions on the work having been carried out are presented.

The object of the research is the causes of the vibration arising in electric motors and ways of reduction of their level.

The subject of research is the influence of the anchor imbalance on the general vibration level of the collector electric motor.

The work is a component of the research of vibration activity of the drive of the manual electrodrill machine.

SENSORS FOR VIBRATION MEASUREMENT

The sensor of vibration (vibration pen) is the device allowing determining the parameters of the vibration phenomena.



Figure 19 Vibration sensor AS102-1A

The general purpose vibration sensor with an axial output for YANTAR-M, AGAT M, OPAL, KWARTS-2, ONYX devices

Frequency range: 2 - 10000 Hz

Range of measurements: 500 m / c²

Temperature range: -50... +120 C

Most often vibration pens are used for defining:

1. Vibration speed
2. Vibration acceleration
3. Vibration movement

Vibration speed is the speed of a controlled point of the equipment during its precession along a measurement axis.

Usually not the maximum value of vibration speed is measured, but its root mean square value (RMS). The physical essence of the RMS parameter of vibration speed consists in equality of energetic impact on support of the machine of a real vi-

bration signal and dummy constant, numerically equal to the value of RMS. The use of RMS value is caused also by the fact that earlier measurements of vibration were carried out by analog instruments, and all of them by the principle of action are integrating, and show the root mean square value of a variable signal.

From the two widely-used in practice representations of vibration signals (vibration speed and vibration movement) it is more preferable to use vibration speed as it is the parameter directly considering both relocation of a controlled point and energetic impact on support from forces which caused vibration. Informational content of vibration displacement can be compared to informational content of vibration speed only under the condition when in addition to vibration swing, frequencies, both all oscillations, and its separate components will be considered. But it is very problematic to do it in practice.

Vibration acceleration is the value of vibration which is directly connected to force which caused vibration. Vibration acceleration characterizes that force dynamic interaction of elements in the aggregate which caused that vibration. It is usually displayed by amplitude (Peak) - the maximum value of an acceleration in a signal on the module. Application of vibration acceleration is theoretically ideal since the piezosensor (accelerometer) measures the acceleration and it doesn't have to be specially transformed. The shortcoming is that there are no practical developments on norms and the trigger levels for it, there is no standard physical or spectral interpretation of features of vibration acceleration manifestation. It is successfully applied in case of diagnostics of the defects having the shock nature - in frictionless bearings, reducers.

Vibration movement (vibration displacement, displacement) shows the maximum boundaries of a controlled point movement in the course of vibration. It is usually displayed by a range (double amplitude, peak to peak). Vibration displacement is a distance between extreme points of relocation of an element of the rotating equipment along a measurement axis.

Simply speaking, if the vibrating object is to be considered a simple oscillator, then the vibration pen allows to receive data both on basic parameters of its oscillations (frequency and amplitude), and, in certain cases, to receive a spectral characteristic of an oscillatory process.

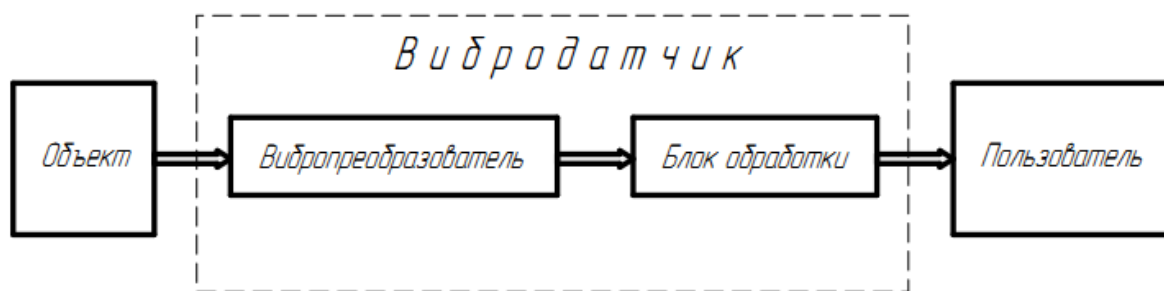


Figure 20 Scheme of a vibration sensor

The general scheme of the vibration sensor contains two main units (Figure 21): vibration transducer (1) and electronic processing unit (2). The functional purpose of the first unit is transforming mechanical vibrations into an electric signal. There are several transformation mechanisms:

- piezoelectric
- optical
- vortex-current
- induction

The transformation mechanism considerably determines both characteristics of the instrument and its cost.

The second unit – electronic processing unit – serves for decoding of the signal received. As a rule, at an input of such units there is an analog-digital converter, and the main part of operations over a signal is made already in a digital form that expands the functional capabilities of a post-processing procedure, improves noise immunity and allows to realize information output on the external interface.

When using in production stationary vibration pens can be a part of the regulating systems as feedback sensors, for these purposes some models of vibration pens have an analog output signal (as a rule, tension).

To obtain the complex characteristic of vibration process, a spectrum analyzer can be added to the structure of the measuring system. If the spectrum analyzer is multichannel, then it can form the basis of the distributed system of the vibration diagnostics containing more than one vibration sensor.

Nowadays the majority of vibration pens belong to one of the two types:

1. Optical vibration pen

2. Piezoelectric vibration pen

Let us give a detailed consideration to each type of sensors.

Optical vibrometer

The Doppler Effect is the basis for operation of the optical vibration pen like ultrasonic motion sensors. The instrument usually contains laser source of radiation, the receiving optical circuit, and also the electronic circuit of processing (the Figure 21). In case of reflection of radiation from a fixed object the wavelength of the accepted ray doesn't differ from the true wavelength of the laser. If an object moves along a radiation axis, there is a shift of wavelength of the reflected radiation on some degree (Doppler effect) whose value and a sign bear information on speed and the direction of an object movement, and the interferometric diagram used as a part of receiving optical unit allows to define this value. Thus, oscillations of a reflective surface modulate the frequency shift, and electronic processing of this signal of modulation allows receiving parameters of vibrational oscillations.

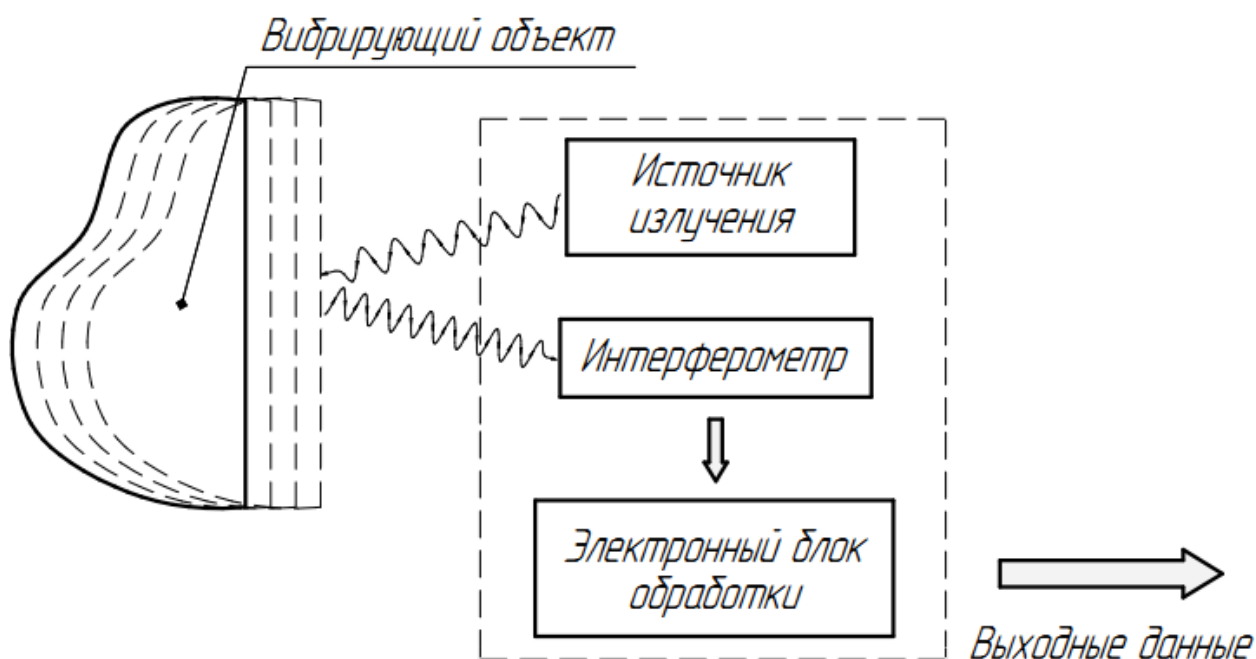


Figure 21 Scheme of an optical vibration pen

In spite of the fact that the source of laser radiation is a part of optical vibration pens, such devices are rather safe as due to high sensitivity of reception optical system for carrying out measurements very insignificant optical power turns out to be enough.

One of the main advantages of optical vibration pens is that diagnostics with their help can be carried out non-contact, using them in a stationary measuring complex, only single focusing on the measured surface is required. Besides, devices of

this type have high precision and speed as they have no movable elements. Among the disadvantages one can name quite a high price.

Piezoelectric vibration pen

As it is clear from the name, the basis for operating this type of devices is piezoeffect – the phenomenon of emergence of potential difference on a piezocrystal at its mechanical deformation. Inside the vibration pen the inert body suspended on the elastic elements containing piezoelectric material (Figure 22) is placed. If the body of the device is attached to the vibrating surface, elastic elements will register fluctuations of an inert body which isn't attached directly to the body, and therefore seeks to keep the initial position. In general, in this configuration the piezoelectric vibration pen is nothing else but the accelerometer, and it is often quite difficult to draw line between these types of sensitive devices.

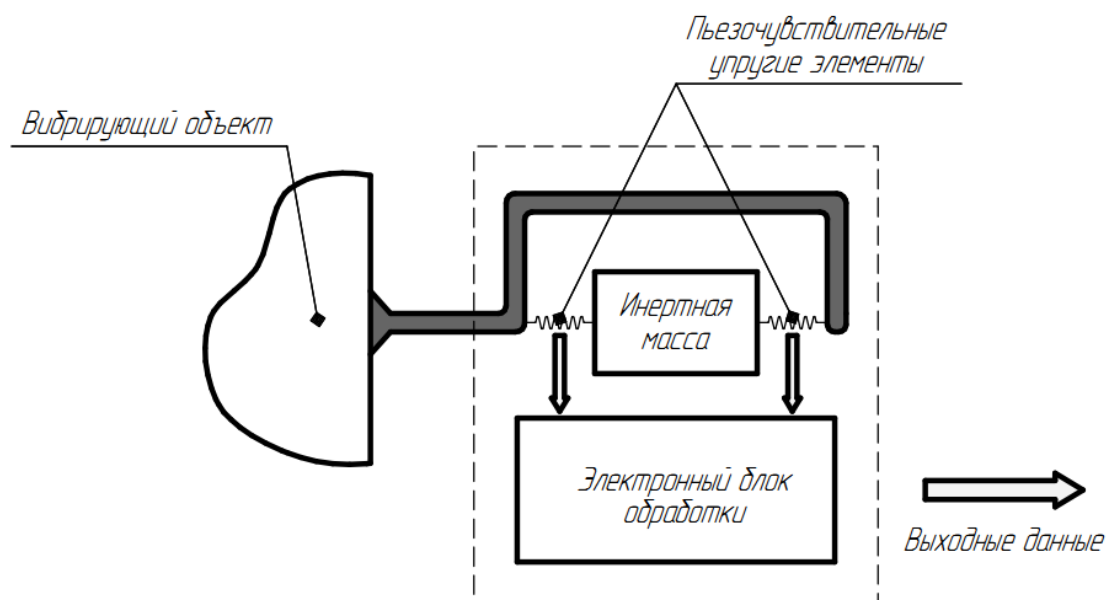


Figure 22 Scheme of a piezoelectric vibration pen

The electrical signal from a piezocrystal is, as a rule, is given to the analog digitizer, and its processing is carried out in a digital form. In general, as well as in the case with the optical vibration pen, the basic purpose of the receiving sensitive unit is conversion of vibration into an electrical signal, and the nature of its further processing is defined by the parameters of the digital electronic circuit.

The main shortcoming of this class of instruments is necessity in contact of a sensitive part with the object being measured and that isn't always relevant under the conditions of production. Besides, piezoelectric instruments have, as a rule, narrower range of the frequencies perceived as they have a mechanical path of vibration transmission where the maximum frequency is defined by inertness of components.

Among the advantages of piezoelectric vibration pens one can name their rather low cost, and also rather simple construction that provides reliability and resistance to external impacts.

Imbalance calculation on supports A and B

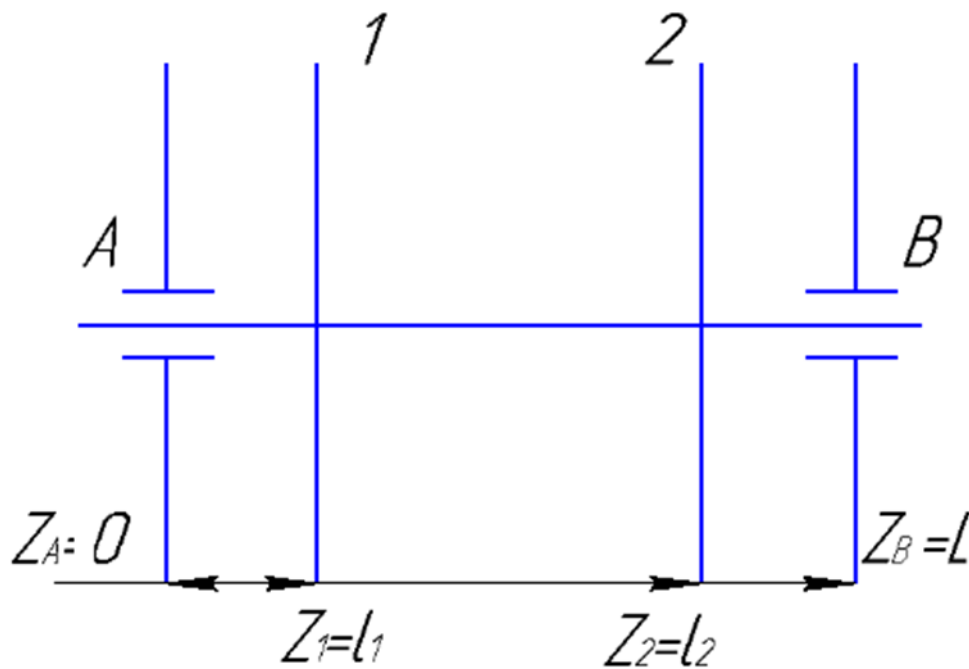


Figure 41 Anchor scheme

Imbalance in the plane 1 $D_1 = 0,6 \text{ gmm/kg}$

Imbalance in the plane 2 $D_2 = 0,9 \text{ gmm/kg}$

Distance between the supports $L=158 \text{ mm}$

Distance of $l_1=68 \text{ mm}$, $l_2=108 \text{ mm}$

Calculation of an imbalance in supports is made according to formulas:

For static imbalance:

$$D_A = \frac{D_1(L-l_1)+(L-l_2)}{L}; \quad D_B = \frac{D_1l_1+D_2l_2}{L};$$

$$D_A = \frac{0,6(158-68)+0,9(158-108)}{158} = 0,62 \text{ gmm/kg}; \quad D_B = \frac{0,6*68+0,9*108}{158} = 0,87 \text{ gmm/kg}.$$

For moment imbalance:

$$D_A = \frac{D_1(L-l_1)-(L-l_2)}{L}; \quad D_B = \frac{-D_1l_1+D_2l_2}{L}.$$

$$D_A = \frac{54-45}{158} = 0,05 \text{ gmm/kg}; \quad D_B = \frac{-40,8+97,2}{158} = 0,35 \text{ gmm/kg}.$$

Dynamic imbalance – static and moment sum.

$$D_A = 0,62 + 0,05 = \mathbf{0,67} \text{ gmm/kg}; D_B = 0,87 + 0,35 = \mathbf{1,22} \text{ gmm/kg}.$$

From the values obtained it is possible to draw a conclusion that the imbalance on support is higher than in the correction planes therefore it is necessary to consider it in case of bearings selection.

Since the engine will be used in the manual electric drill machine for regulation of rotating speed of a operating part the regulator is set. It allows to measure vibration rate level at different rotating speeds of the engine from 11000-25000 rpm. In the required range of 12500-20000 rpm the level of vibration rate and vibration doesn't exceed the maximum-permissible values specified in GOST 1940-73.

Final measurements of vibration rate are taken at different rotating speeds for the purpose of determining the dependence of vibration level on rotating speed of the engine.

In the state standard specification GOST 1940-73 2 methods of fixing the engine for the purpose of measurements are described: console and rigid. To avoid the errors in measurements the engine is rigidly fixed in machine vice.